



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Grado en Ingeniería Mecánica**

# **DISEÑO DE UNA IMPRESORA 3D DE CHOCOLATE**



**Volumen I**

**Memoria y Anexos**

<b>Autor:</b>	Jordi Giribés Folch
<b>Director:</b>	Dr. Giovanni Gómez Gras
<b>Convocatoria:</b>	Octubre 2017





## Resumen

En las últimas décadas, el interés por la tecnología y área de impresión 3D ha crecido exponencialmente, convirtiéndose así en un importante foco de atención e investigación para múltiples sectores de la ciencia y tecnología. Es por este motivo que este presente estudio se ha encaminado hacia la ampliación de esta área de investigación abriendo a su vez nuevos campos de aplicación, en este caso el de la industria alimentaria.

A lo largo de esta memoria se documentará cómo se ha realizado el diseño y la fabricación de un prototipo de una impresora 3D para imprimir chocolate. El desarrollo del proyecto ha consistido a su vez, en el diseño de un sistema de extrusión y de refrigeración propios.

Una vez diseñada la impresora 3D para chocolate, se ha pasado a la fabricación de un prototipo funcional que ha posibilitado llevar a cabo algunas pruebas de validación, en una máquina con alta demanda en el mercado actual y a su vez con poca oferta. Todo ello basándose en la tecnología de impresión 3D actual y respetando conceptos ingenieriles y aquellos requerimiento que serían solicitados desde el campo de la repostería.

Finalmente, se obtendrán todos aquellos elementos integrantes de los sistemas complementarios a la impresora diseñados para la construcción del mencionado prototipo funcional, y se mostrarán todos los resultados alcanzados.

## Resum

En les últimes dècades, l'interès per la tecnologia i àrea d'impressió 3D ha crescut exponencialment, convertint-se així en un important focus d'atenció i investigació per múltiples sectors de la ciència i tecnologia. És per aquest motiu que el present estudi s'ha encaminat cap a l'ampliació d'aquesta àrea d'investigació obrint paral·lelament nous camps d'aplicació, en aquest cas el de la indústria alimentària.

En aquesta memòria es documentarà com s'ha realitzat el disseny i la fabricació d'un prototip d'una impressora 3D per imprimir xocolata. El desenvolupament del projecte ha consistit a més en el disseny d'un sistema d'extrusió i de refrigeració propis.

Un cop dissenyada l'impressora 3D de xocolata, s'ha prosseguit a la fabricació d'un prototip funcional que ha possibilitat dur a terme proves de validació, en una màquina amb alta demanda en el mercat actual i a la vegada amb poca oferta. Tot això, basant-se en la tecnologia d'impressió 3D actual i respectant conceptes d'enginyeria i aquells requeriments que seran sol·licitats des del camp de la rebosteria.

Finalment, s'obtingran tots aquells elements integrants dels sistemes complementaris a l'impressora dissenyats per la construcció de l'esmentat prototip funcional, i es mostraran tots els resultats obtinguts.

## Abstract

In the last decades the interest for technolog and 3D printing has grown exponentially becoming a spotlight in the investigation of multiple scopes in science and technology. Therefore this current study has focused in the amplification and investigation of this field, oferring at the same time new possible applications inside of the food industry.

Throughout this report it will be documented how the design and manufacture of a 3D printer prototype for printing chocolate has been made. The development of the project has consisted at the same time in the design of an extrusion and cooling system of its own.

Once the 3D chocolate printer has been designed, it has been transformed into a functional prototype that has made it possible to carry out some validation tests, in a machine with high demand in the current market but with little supply. All this based on current 3D printing technology and respecting engineering concepts and those requirements that would be requested from the field of chocolate industry.

Finally, all those integral elements of complementary systems of the designed prototype chocolate printer will be obtained, and the related results will be shown.

## Agradecimientos

Quisiera mencionar a algunas personas muy importantes durante el desarrollo de este proyecto sin las cuales la realización del mismo habría sido más compleja.

Primeramente destacar a mi profesor y tutor Dr. Giovanni Gómez, por su constante ayuda y sus valiosos consejos a lo largo de la realización de este trabajo de fin de grado.

Agradecer de una forma especial a Joel Frax, quien con su colaboración marcó el camino de este proyecto.

Gracias a la pastelería Escribà, Escribà Academy y sobretodo a Marc Balaguer. Gracias por introducirme en el mundo de la repostería y enseñarme tanto sobre el trabajo con chocolate.

Tener en cuenta a Oriol Traver, Ángel Marí, Joan Culleré, Aleix Verdú así como la asociación del Fablab y todos sus integrantes, quienes han facilitado la realización de este proyecto. Agradecer de una forma muy especial a Gerard Bonavida por su incomparable y desinteresada ayuda.

Mencionar también a Judit Coll, Martí Lloveras y Xavier Calvo, grandes profesionales que me orientaron en momentos importantes.

Dar las gracias a mi familia, amigos y seres queridos por estar a mi lado durante todo el transcurso del proyecto. Gracias también a tí, aunque no has podido estar conmigo como hubieras querido, has estado presente en este trabajo.

Por último agradecer especialmente a mi pareja Teresa por su constante apoyo desde el inicio del proyecto, por estar siempre en los momentos buenos y sobretodo darme fuerzas en los más duros.

A todos ellos, muchas gracias.

# Índice memoria

<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>RESUM</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>6</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE FIGURAS</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>16</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>17</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>18</b>
1.1. Requerimientos previos .....	18
1.2. Motivación.....	18
1.3. Objetivos.....	18
1.4. Abasto del trabajo.....	19
<b>2. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>20</b>
2.1. Impresión 3D .....	20
2.2. Sistemas de impresión 3D .....	21
2.3. Materiales en la impresión 3D .....	21
2.4. Impresión 3D de chocolate .....	23
2.4.1. Mercado actual .....	23
2.4.2. Ventajas.....	28
2.4.3. Inconvenientes.....	28
2.4.4. Futuro.....	28
<b>3. ESPECIFICACIONES BÁSICAS DEL PROTOTIPO</b>	<b>29</b>
<b>4. NORMATIVAS APLICADAS AL PROYECTO</b>	<b>33</b>
<b>5. EL CHOCOLATE</b>	<b>34</b>
5.1. Tipos de chocolate y composición .....	34
5.2. Templado.....	36



5.2.1.	Métodos de templado .....	37
<b>6.</b>	<b>ESTUDIO DE ALTERNATIVAS INICIALES .....</b>	<b>40</b>
6.1.	Estructura de la impresora.....	40
6.2.	Extrusor .....	43
6.3.	Transmisión de movimiento .....	43
6.4.	Sistema de refrigeración .....	46
6.5.	Pérdidas de temperatura .....	46
6.5.1.	Depósito superior .....	47
6.5.2.	Pieza de unión .....	50
6.5.3.	Depósito inferior .....	50
<b>7.</b>	<b>DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>51</b>
7.1.	Criterios generales.....	51
7.2.	Estructura .....	51
7.3.	Software utilizados .....	52
7.3.1.	Configuración parámetros impresión .....	53
7.4.	Electrónica y Firmware.....	55
7.4.1.	Sistema electrónico de control.....	56
7.5.	Elementos comprados y elementos impresos .....	59
7.6.	Diseño final: Xoco Printer.....	59
7.6.1.	Sistema de extrusión .....	59
7.6.2.	Sistema de transmisión de movimiento .....	66
7.6.3.	Pérdidas de temperatura.....	70
7.6.4.	Sistema de refrigeración.....	70
7.6.5.	Cama impresión .....	72
7.6.6.	Sistema de alimentación .....	72
7.6.7.	Xoco Printer.....	73
<b>8.</b>	<b>PROCESO DE MONTAJE Y ENSAMBLAJE .....</b>	<b>74</b>
<b>9.</b>	<b>PUESTA EN MARCHA DE LA IMPRESORA .....</b>	<b>77</b>
<b>10.</b>	<b>ACCIONES FUTURAS Y POSIBLES MEJORAS .....</b>	<b>81</b>
<b>11.</b>	<b>ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>82</b>
11.1.	Impacto ambiental de los componentes de la impresora .....	82
11.1.1.	Componentes mecánicos .....	82
11.1.2.	Componentes electrónicos.....	82

11.2. Impacto ambiental del chocolate .....	82
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>95</b>
A1. Proceso de montaje de la estructura .....	96
A2. Código Xoco Printer .....	113
A3. Código sistema electrónico de control .....	182
A4. Certificado participación .....	191

## Índice figuras

Figura	Descripción	Página
1	Universal Paste Extruder	24
2	Stepper-driven paste extruder	24
3	Ultimaker dual 5ml syringe mount	25
4	Prusa Frostruder MK2 Adaptor	25
5	Ultimaker syringe extruder II	25
6	Thick Paste Extruder	26
7	Impresora byFlow 3D food printer	27
8	Impresión hecha con byFlow 3D food printer	27
9	Impresora sin sistema de extrusión	29
10	Impresora con sistema de extrusión	30
11	Chocolate blanco	35
12	Chocolate con leche	35
13	Chocolate negro	35
14	Dorso paquete	36
15	Reverso paquete	36
16	Lateral izquierdo paquete	36
17	Lateral derecho paquete	36
18	Gráfico representativo templado	37

19	Gotas de chocolate	38
20	Impresora Mendel	40
21	Impresora Prusa i3	41
22	Impresora Rebel	42
23	Impresora Pyramid	42
24	Materiales disponibles Frax 3D	44
25	Depósito superior inicial	44
26	Pieza unión inicial	44
27	Tornillo sin fin inicial	44
28	Depósito superior modificado	45
29	Pieza unión modificada	45
30	Tornillo sin fin modificada	45
31	Pieza unión vista superior previa a diseño final	45
32	Pieza unión vista inferior previa a diseño final	45
33	Sistema extrusión previo a diseño final	45
34	Cilindro macizo	49
35	Pieza interior del depósito superior	49
36	Impresora Frax 3D	52
37	Diseño CAD impresora	52
38	Parámetros impresión (Extruder)	53
39	Parámetros impresión (Layer)	54
40	Parámetros impresión (Infill)	54

41	Parámetros impresión (G-code)	55
42	Esquemático sistema electrónico de control	57
43	Sistema electrónico de control en Protoboard	58
44	Sistema electrónico de control	58
45	Depósito superior CAD	60
46	Depósito superior	60
47	Pieza unión CAD vista superior	60
48	Pieza unión CAD vista inferior	60
49	Pieza unión vista superior	62
50	Pieza unión vista superior	62
51	Tornillo sin fin CAD	63
52	Tornillo sin fin	63
53	Depósito inferior CAD	64
54	Depósito inferior	64
55	Sistema extrusión CAD	64
56	Sistema extrusión	64
57	Soporte depósito inferior CAD	65
58	Soporte depósito inferior	65
59	Sistema extrusión con soporte CAD	65
60	Sistema extrusión con soporte	65
61	Sistema extrusión en impresora CAD	66
62	Sistema extrusión en impresora	66

63	Esquemático tecnología Core XY	67
64	Motor eléctrico CAD	67
65	Pieza unión motor eléctrico CAD	68
66	Pieza unión engranaje CAD	68
67	Engranaje CAD	68
68	Pieza unión vista superior CAD	69
69	Pieza unión vista superior CAD	69
70	Sistema extrusión y transmisión de movimiento sin soportes CAD	69
71	Resistencia flexible RFSS	70
72	Sistema refrigeración	72
73	Sistema refrigeración CAD	72
74	Impresora Xoco Printer CAD	73
75	Montaje depósito superior y pieza unión	74
76	Montaje depósito superior, pieza unión y tornillo sin fin	74
77	Montaje sistema de extrusión	75
78	Montaje sistema de extrusión con soporte	75
79	Montaje sistema de extrusión en impresora	76
80	Prueba de impresión	77
81	Primera impresión	78
82	Detalle primera impresión	78
83	Preparación última impresión	79
84	Última impresión	79

85	Detalle última impresión	80
----	--------------------------	----

## Índice de tablas

Tabla	Descripción	Página
1	Sistemas de impresión 3D	21
2	Impresora sin sistema de extrusión	30
3	Impresora con sistema de extrusión	31
4	Componentes sistema electrónico impresora	31
5	Componentes sistema electrónico de control	32
6	Componentes sistema electrónico de control	56



## Glosario

Open-Source: en español conocido como Código abierto (difiere del concepto de software libre). Término con el que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente con la finalidad de ofrecer beneficios prácticos. Permite compartir, sin ánimo de lucro, aquellos conocimientos e ideas desarrolladas.

Gotas de chocolate: también llamadas chipas o lágrimas de chocolate. Forma característica de este producto, concretamente con la cual se ha trabajado en este proyecto.

PLA: ácido poliláctico o poliácido láctico. Polímero con gran variedad de aplicaciones, entre ellas, su elevado uso en la impresión 3D.

ABS: acrilonitrilo butadieno estireno. Material, de igual modo que el PLA, con gran presencia en el uso de la tecnología de impresión 3D.

# 1. Introducción

## 1.1. Requerimientos previos

Para el diseño de la impresora 3D que se trata en esta memoria, han sido necesario una serie de conocimientos previos que se exponen a continuación:

- Amplios conocimientos de CAD para el diseño de todos aquellos componentes específicos de la impresora.
- Conocimientos en impresión 3D e ingeniería de procesos, para la impresión y fabricación de los componentes.
- Teoría de máquinas y mecanismos, para la relación de transmisión en el movimiento principal del sistema extrusor.
- Nociones de mecánica y electrónica para la comprensión y modificación de parámetros en softwares utilizados de impresión 3D como Simplify3D, Slic3r y Pronterface.
- Amplios conocimientos de electrónica en Arduino y Marlin, para la edición de códigos con aquellos requerimientos propios del prototipo.

## 1.2. Motivación

La motivación principal en la elección y realización de este proyecto ha sido el interés en trabajar en un campo en crecimiento y desarrollo constante, como es la impresión 3D; con un mercado interesado en ello y a la vez con mucha demanda y poca oferta, como es la repostería.

## 1.3. Objetivos

El objetivo general de este proyecto es el diseño y construcción del prototipo de una impresora 3D capaz de fabricar piezas de chocolate. Para conseguirlo, se enumerarán a continuación una serie de objetivos específicos que será necesario cumplimentar durante el transcurso de dicho proyecto:

1. Adaptación de una impresora 3D estándar a las necesidades requeridas en este proyecto.
2. Diseño de un sistema de extrusión funcional.

3. Diseño de un sistema de refrigeración capaz de funcionar durante la impresión y ser controlado por un arduino.
4. Realización de pruebas experimentales. Conseguir una impresión con superposición de capas.
5. Control del chocolate como producto de impresión para no perder su proceso de templado durante la impresión.
6. Utilización de los conocimientos Open-Source y los software y firmware habitualmente usados en impresión 3D.

## **1.4. Abasto del trabajo**

El abasto de este proyecto es el diseño y construcción de un prototipo de una impresora 3D de chocolate. Esta memoria dispondrá de toda la documentación necesaria para su posterior fabricación.

Para ello, en el presente proyecto se han utilizado conceptos de ingeniería mecánica, electrónica y conocimientos de la industria alimenticia actual, concretamente de la repostería especializada en el chocolate.

## 2. Estado del arte

En este apartado se tratarán los aspectos fundamentales a tener en cuenta al hablar de la impresión 3D, y más concretamente de la impresión 3D de chocolate. Se describirá la situación actual de esta tecnología, tanto de las impresoras y sus extrusores como el material que utilizan.

Se analizará que se puede encontrar actualmente en el mercado, así como las ventajas e inconvenientes que presentan dichas impresoras 3D. Por último, se debatirá sobre lo que pueden ofrecer hoy en día las impresoras 3D de chocolate y qué se espera de ellas.

### 2.1. Impresión 3D

Se engloba dentro de la impresión 3D aquellas tecnologías de fabricación que tienen el fin de conseguir un objeto tridimensional mediante superposición de capas de material. Es una tecnología en constante evolución y con importantes y distintos campos de aplicación.

El proceso de obtención de dicho objeto tridimensional consta de distintas fases. Primeramente es necesario un diseño en CAD de la pieza. Actualmente, y gracias al exponencial crecimiento del conocimiento Open-Source, hay la posibilidad de descargar libre y gratuitamente gran cantidad de modelos CAD de internet. Seguidamente, se procede a la obtención del código (secuencia de órdenes) que posibilitará la impresión de dicho modelo. Este proceso se realiza mediante software diseñados para ello. Al introducir en ellos el diseño de la pieza (habitualmente formato .stl), generará código necesario para la impresión. Por último, tanto con conexión USB a través del ordenador, como también con el uso de una tarjeta SD, se introduce el código generado en la impresora, con lo cual ya podrá llevar a cabo la impresión.

Si bien el procedimiento a seguir para conseguir una impresión 3D es el que se acaba de presentar, hay distintas formas de realizar dicha impresión.

## 2.2. Sistemas de impresión 3D

Analizando la fabricación aditiva, el hecho de pretender conseguir un objeto tridimensional mediante superposición de capas de material, hace que sea posible lograr la fabricación de una pieza con geometría compleja en un intervalo de tiempo breve.

Las tecnologías de impresión 3D ofrecen cierta variedad para conseguir fabricar el objeto previamente diseñado. A continuación en la tabla 1 se analizarán las principales.

**Tabla 1:** Sistemas de impresión 3D ([https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n\\_3D#M.C3.A9todos](https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D#M.C3.A9todos))

Tipo	Tecnología	Material utilizable
Extrusión	Modelado por deposición fundente (FDM)	Termoplásticos (generalmente PLA y ABS), metales y otros componentes fundibles
Granular	Sinterizado de metal por laser (DMLS)	Aleaciones metálicas
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Termoplásticos en polvo
	Impresión por inyección de tinta (PP)	Termoplásticos, metal y cerámicos en polvo
Laminado	Manufactura por laminado (LOM)	Yeso en polvo (plástico si se usan resinas tintadas)
Polimerización por luz	Estereolitografía (SLA)	Papel, hojas metálicas o film plástico
	Procesado digital por luz (DLP)	Fotopolímero
Otras	Fotopolimerización	Resina líquida
	Impresión con hielo	Gel de polímero
	Impresión con azúcar	Agua
	Impresión con pasta alimenticia	Azúcar
	Impresión con chocolate	Chocolate

## 2.3. Materiales en la impresión 3D

En la impresión 3D actual se utiliza mayormente la consistente en extrusión que utiliza la tecnología de modelado por deposición fundente (FDM). Con lo cual, los materiales más utilizados son el PLA y el ABS. A continuación se pasa a detallar tanto estos materiales como otros principalmente utilizados en la impresión 3D hoy en día.

- PLA (ácido poliláctico): seguramente el material más usado en tecnología de impresión 3D. Es biodegradable y normalmente se obtiene de almidón de maíz, lo que hace este material óptimo para fabricar objetos que vayan a estar en contacto con alimentos. La textura de las piezas que podemos obtener con él no es tan suave como con el ABS, pero sí más brillantes y los acabados de las esquinas son de mayor definición. Su densidad es de entre 1,2 y 1,4 g/cm<sup>3</sup>. La temperatura necesaria para su impresión es de unos 200-220°C en el extrusor y la cama a unos 50-60°C.
- ABS (acrilonitrilo butadieno estireno): el termoplástico más utilizado en impresión 3D junto con el PLA. No es biodegradable, pero es muy tenaz, duro y rígido, con resistencia química y a la abrasión, pero que sufre con la exposición a rayos ultravioleta. Es soluble en acetona, lo que se utiliza a menudo para perfeccionar determinadas impresiones, así como la eliminación de rebanadas no deseadas y/o material de soporte. Su densidad es de 1,05 g/cm<sup>3</sup>. Requiere una temperatura en el extrusor de unos 240°C y de 110°C en la cama.
- HIPS (poliestireno de alto impacto): un material muy parecido al ABS y que requiere los mismos perfiles de temperaturas. Suele utilizarse como material de soporte en piezas impresas con ABS, para posteriormente ser eliminado con D-Limoneno, con el que es soluble mientras que a él la acetona no le afecta. Al igual que el ABS soporta mal la luz ultravioleta. Su densidad es de 1,04 g/cm<sup>3</sup>.
- PET (tereftalato de polietileno): uno de los materiales más usados para las botellas y envases de este tipo. Su principal propiedad es su capacidad de cristalización, generando piezas transparentes con efectos sorprendentes. Es considerablemente fuerte y resistente a los impactos. Su densidad cristalina es de 1,45 g/cm<sup>3</sup>. Sus temperaturas de trabajo a aplicar son las mismas que con el PLA.
- Laywoo-d3: material que requiere condiciones de temperatura similares a las del PLA, con la peculiaridad de que si aumentamos o disminuimos unos grados, el color obtenido es más claro u oscuro. Está compuesto de plástico (PLA por ejemplo) y un porcentaje de madera reciclada. Tras enfriarse tiene textura parecida a la madera y las variaciones de temperatura, ya sean controladas directamente, por fluctuaciones o tipo de enfriamiento, dejarán vetas más o menos oscuras. Su temperatura de trabajo oscila entre los 180°C y los 245°C, no siendo necesario el uso de una cama calefactora.
- Ninjaflex: elastómero termoplástico (TPE) innovador que permite crear piezas con una flexibilidad sorprendente. Las piezas que nos permite obtener no son de gran consistencia y

pueden deformarse ampliamente. Las temperaturas de trabajo son parecidas al PLA, debiendo tener el extrusor a unos 215°C i la cama calefactora a 40°C.

- Filaflex: material de impresión desarrollado en España, muy similar al Ninjaflex, cuya capacidad de alargamiento antes de la rotura es del 700%. Debido a su gran capacidad de alargamiento se vende en bobinas más pequeñas en comparación con otros materiales. Su temperatura de extrusión es de 215-245°C. No necesita cama calefactora.
- Nylon: probablemente uno de los materiales más complejos para la impresión 3D. La falta de adhesión que presentan las piezas fabricadas con dicho material es su principal inconveniente. Otro problema previo a la impresión, es que suele coger fácilmente humedad, por lo que previamente a la impresión 3D se debe secar en el horno durante 3 o 4 horas. A pesar de dichas dificultades, es un material muy resistente, poco viscoso, muy resistente a la temperatura y con distintas variedades que le aportan flexibilidad y transparencia.

## 2.4. Impresión 3D de chocolate

Actualmente hay poca oferta en el mercado de impresoras 3D que trabajen con este material, ya que presenta gran dificultad para trabajar con él a través de las distintas tecnologías de impresión 3D previamente mencionadas.

El rango de temperaturas para óptimo el óptimo funcionamiento en la impresión del chocolate debe ser de entre 31-32°C. Al ser tan reducido, será necesario tener la capacidad de controlar muy precisamente la temperatura del chocolate en la impresión, y durante su paso por el sistema de extrusión.

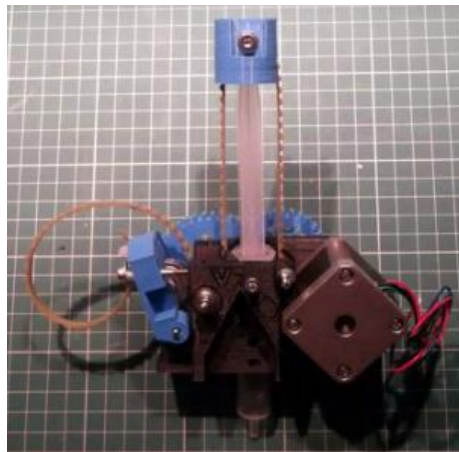
Un aspecto importante a tener en cuenta es la refrigeración del material superpuesto al imprimirse. Hay que definir el modo óptimo para refrigerar una capa de impresión lo suficientemente rápido para que la próxima pueda depositarse sobre la anterior adecuadamente, pero no lo suficientemente rápido ya que haríamos que el material se contraería.

### 2.4.1. Mercado actual

Cabe decir que es importante diferenciar qué hay actualmente en el mercado, y qué hay realmente accesible en el mercado. Es por esto que en este apartado hemos querido analizar dos tipos de mercado. Los mostramos a continuación.

- Mercado abierto:

Tal y como se ha comentado anteriormente, uno de los aspectos más importantes en la impresión 3D y sobretodo en su evolución, es el concepto de conocimiento Open-Source. Precisamente este, es el mercado que ofrece más posibilidades accesibles hoy en día. A continuación en las figuras que prosiguen esta introducción, se muestran algunas de ellas.

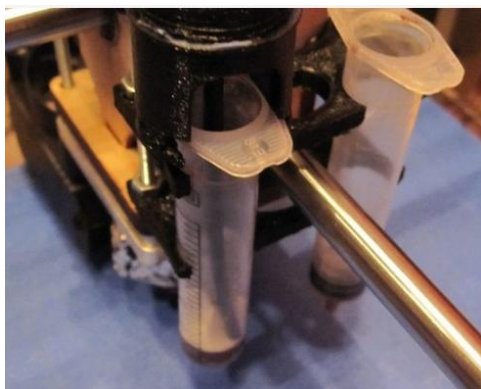


**Figura 1:** Universal Paste Extruder  
(<https://www.thingiverse.com/thing:20733>)

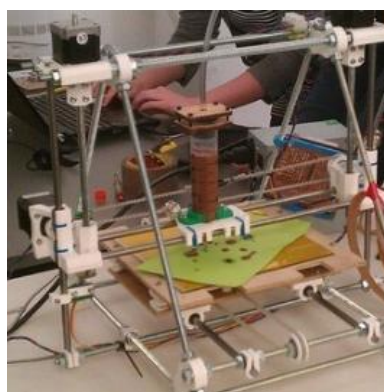


**Figura 2:** Stepper-driven paste extruder  
(<https://www.thingiverse.com/thing:969045>)

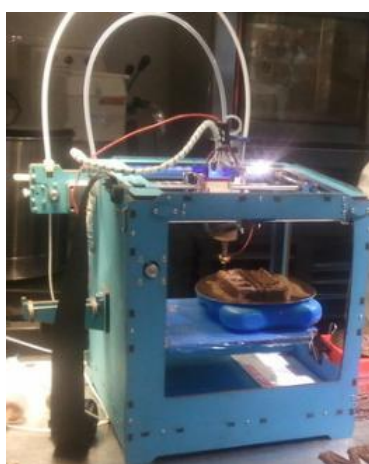




**Figura 3:** Ultimaker dual 5ml syringe mount  
(<https://www.thingiverse.com/thing:13085>)



**Figura 4:** Prusa Frostruder MK2 Adaptor  
(<https://www.thingiverse.com/thing:17216>)



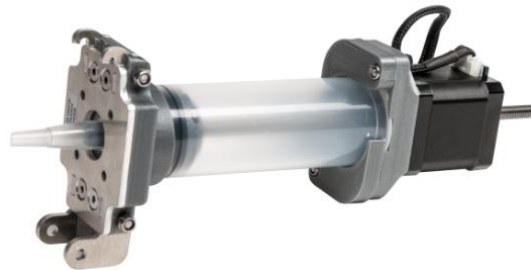
**Figura 5:** Ultimaker syringe extruder II  
(<https://www.thingiverse.com/thing:14421>)

Como consideraciones importantes, mencionar dos aspectos. Algunos de estos sistemas de extrusión están diseñados como "Paste-Extruder" y no "Chocolate-Extruder", pero el sistema es extendible a dichos efectos. Además, la mayoría de ellos están diseñados para ir ensamblados en una determinada impresora, lo que limita sus posibilidades.

- Mercado privado:

En la actualidad hay cada vez más interés en desarrollar una impresora 3D con la capacidad de imprimir chocolate. Por ello, algunas empresas lo están investigando, muchas de ellas a nivel privado. Aún así, hay algunas empresas que sí han empezado a comercializarlas. A continuación analizamos las dos propuestas más destacables.

- Zmorph: empresa polonesa con gran importancia a nivel europeo. Disponen de una variedad (aunque reducida) realmente importante y puntera en tecnología de impresión 3D. El aspecto que diferencia esta empresa con otras, es su gran oferta de sistemas de extrusión y "extruders" (pieza final del sistema de extrusión). Analizando dicha oferta, puede observarse el elemento que se observa en la figura 6. Es un sistema de extrusión diseñado para su utilización con pasta alimenticia como material de impresión.



**Figura 6:** Thick Paste Extruder ([https://store.zmorph3d.com/products/thick-paste-extruder?taxon\\_id=17](https://store.zmorph3d.com/products/thick-paste-extruder?taxon_id=17))

El precio de dicho sistema de extrusión es de 186€ (transporte aparte). Por representar tan solo una parte de la impresora, ya es de un coste elevado por él mismo. El inconveniente es que es exclusivo a la impresora de la marca Zmorph, lo que implica la adquisición de una de sus impresoras para la utilización del mismo.

La adquisición de uno de sus modelos, por ejemplo, la impresora Zmorph 2.0 vx printing set, supone un gasto económico de 2.324€.

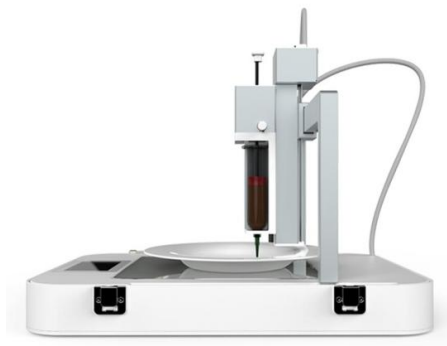
- byFlow3D: empresa holandesa especializada en impresión 3D desde 2009 y una de las grandes compañías en impresión de alimentos 3D. En el año 2015 byFlow desarrolló una impresora de alimentos 3D llamado "Focus" que rápidamente entró en la industria alimentaria. ByFlow es una empresa que ofrece colaboración con multinacionales líderes para que estas encuentren soluciones para sus necesidades y retos específicos de impresión de alimentos en 3D.

<https://www.3dbyflow.com/>

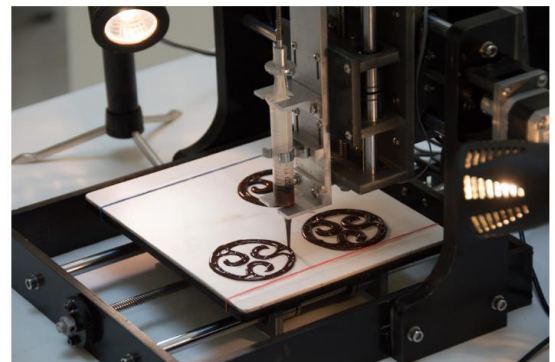
Recientemente, la compañía franco-belga Barry Callebaut, que actualmente es una de las productoras de cacao más grandes del mundo, se ha asociado con la empresa byFlow3D para desarrollar una impresora 3D de chocolate.

<http://imprimalia3d.com/noticias/2017/01/25/008671/barry-callebaut-desarrolla-una-impresora-3d-chocolate>

En la figura 7 se puede apreciar la impresora de la que se está hablando, y en la figura 8 una impresión hecha con dicha impresora.



**Figura 7:** impresora byFlow 3D food printer



**Figura 8:** impresión hecha con byFlow 3D food printer

Actualmente, teniendo en cuenta tanto el mercado abierto como el privado, esta es la impresora que mejores prestaciones ofrece. El precio, de 2.790€, es también el más elevado de todos.

### 2.4.2. Ventajas

Son impresoras que llevan tiempo intentando desarrollarse dado que tienen una elevada complicación, básicamente por el material de impresión que utilizan, ya que la tecnología que usan si que es conocida y utilizada.

Ello hace que actualmente la oferta que haya en el mercado es muy reducida. La ventaja más grande se considera que es precisamente esa. Hay un mercado con el deseo y/o necesidad de una impresora de dichas características, y nadie que, por el momento, la esté ofreciendo abiertamente a un precio económico.

### 2.4.3. Inconvenientes

Los inconvenientes que presentan estas impresoras en la actualidad son muchas y de complejidad elevada. A continuación se mencionarán las principales: solidificación del chocolate, temperatura de enfriamiento, contracción al enfriar, materiales compatibles para el uso alimentario, temperaturas de trabajo con necesidad de alta precisión, composición del chocolate, propiedades del chocolate, temperado del chocolate, homogeneidad del chocolate al imprimir, capacidad de imprimir piezas con cierta altura.

### 2.4.4. Futuro

Se espera de ellas que puedan imprimir sin inconvenientes a la hora de enfriarse el chocolate una vez haya salido del extrusor, que puedan superponerse capas sin afectarse entre ellas por las distintas temperaturas que tengan (una llevará más tiempo que la otra en la cama calefactora/enfriadora), capacidad de desarrollar extrusores con distintas forma en el extremo de salida (o accesorio adicional que se pueda añadir) y de imprimir piezas con una cierta altura.

Es precisamente este último requisito el que hace que las pocas impresoras 3D de chocolate que hay en el mercado actualmente (accesibles a la mayoría de interesados), no satisfacen los requisitos del cliente.

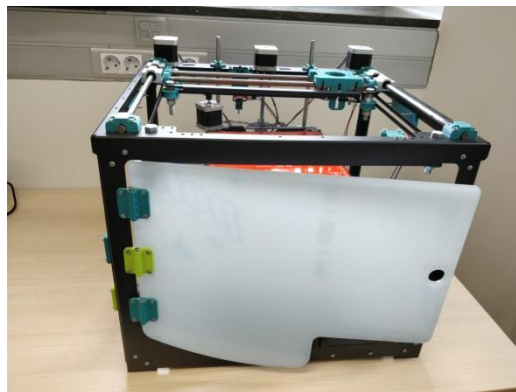
### **3. Especificaciones básicas del prototipo**

En este apartado se detallarán las primeras indicaciones técnicas del prototipo sobre el cual va a tratar este proyecto. A pesar que más adelante (apartado 7.6) se describirán exhaustivamente cada uno de los componentes, vamos a dar en este punto una serie de características básicas de nuestra impresora 3D de chocolate.

Por lo que respecta a la estructura principal del sistema, se ha escogido como referencia una impresora Frax 3D. La justificación de dicha elección se puede observar en el apartado 7.2 donde se debate las alternativas estudiadas y descartadas hasta llegar a la solución final. A partir de ello, se han ido haciendo todas aquellas modificaciones necesarias para conseguir llegar al objetivo final: imprimir chocolate. Se debe resaltar que la impresora Frax 3D está pensada para trabajar principalmente con polímeros, motivo por el cual ha sido necesario el diseño propio de un sistema de extrusión, además de varios otros elementos que se observarán a lo largo de esta memoria.

A continuación se facilitará el dimensionado de la impresora; en primer lugar sin tener en cuenta el sistema de extrusión y en segundo lugar de la impresora con el sistema de extrusión incorporado, así como su peso.

En la figura 9 se puede apreciar una imagen de la misma.



**Figura 9:** impresora sin sistema de extrusión

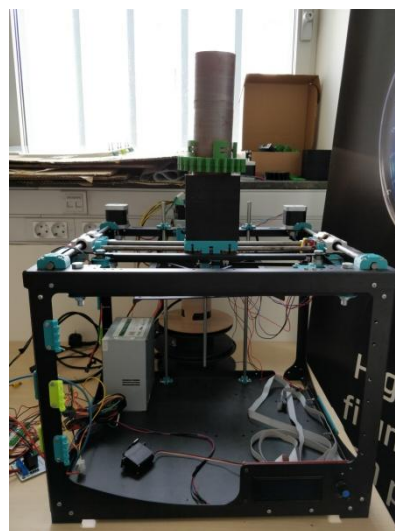
En la tabla 2 que se muestra a continuación se pueden observar los valores principales de dimensiones y peso de la impresora.

**Tabla 2:** impresora sin sistema de extrusión

DIMENSIONES	
Anchura	450 mm
Altura	360 mm
Profundidad	400 mm
PESO	
Sin sistema de extrusión	9,60 kg

Se continuará hablando del sistema de extrusión. Dado que se ha querido dar un nuevo uso a la impresora sobre la que se ha basado este proyecto, ha sido necesario diseñar un nuevo sistema de extrusión. Por lo tanto, se ha creído necesario dar también el dimensionado y el peso de la impresora teniendo en cuenta estos elementos.

En la figura 10 se puede apreciar una imagen de la impresora con el sistema de extrusión.



**Figura 10:** impresora con sistema de extrusión

En la tabla 3 se pueden observar los valores principales de dimensionado y peso de la impresora con el sistema de extrusión.

**Tabla 3:** impresora con sistema de extrusión

DIMENSIONES	
Anchura	450 mm
Altura	660 mm
Profundidad	400 mm
PESO	
Con el depósito vacío	10,30 kg
Con el depósito lleno	11kg

Por último, se pasará a explicar la parte electrónica. El control de la impresora se da a través de una placa base arduino Mega 2560. El control de dicho arduino es totalmente Open-Source, por lo que se ha podido modificar en él todos aquellos parámetros que se han considerado necesarios, aspecto indispensable ya que si se ha decidido trabajar con un diseño de extrusión propio. El control de dicha impresora debe ser adaptable a los requerimientos que se presenten. Este arduino tiene un puerto USB, por lo que puede ser controlado con el ordenador.

Los componentes integrantes de este sistema se pueden apreciar en la tabla 4:

**Tabla 4:** componentes sistema electrónico impresora

Cantidad	Elemento	Cantidad	Elemento
1	Arduino Mega 2560	1	Cama de mármol (200x200x30 mm)
1	Ramps V1.4	4	Drivers Pololu A4988
3	Mech endstop v1.2	3	Wantai Stepper Motor 42BYGHW811

1	Fuente alimentación 580w Ps580S	2	Centigrade temperature sensor (0 TO 100C) TO-92
1	LCD RepRapDiscount Smart Controller 2004 LCD		

Pensando en el rendimiento óptimo de la impresora se ha instalado un segundo sistema electrónico controlado por un arduino UNO. La explicación detallada de dicho sistema podrá encontrarse en el apartado 7.4.1, aún así, se puede introducir a grandes rasgos que tiene tres objetivos principales. En primer lugar, el accionamiento de un servomotor para el uso de refrigerante (apartado 7.6.4), en segundo lugar, el accionamiento de un motor eléctrico para la transmisión del movimiento principal al sistema de extrusión de chocolate de diseño propio (apartado 7.6.2) y por último para el uso y control de una resistencia tubular de silicona en el depósito inferior (apartado 7.6.3)

Acorde a la tabla 5, los componentes integrantes de este sistema son:

**Tabla 5:** componentes sistema electrónico de control

Cantidad	Elemento	Cantidad	Elemento
1	Resistencia flexible RFSS 12V - 30w/m	1	Motor PowerSlot 5-16v
1	069563 Relé 12V 2A 2CC PCB	1	Fuente alimentación 580w Ps580S
1	Transistor 2N2222	1	Servomotor Futaba S3003 180°
1	Resistencia 330 ohmios	1	Arduino Uno
1	Driver de dos puentes en H L298N	1	Sensor de Temperatura LM35
1	LCD RepRapDiscount Smart Controller 2004 LCD		



## 4. Normativas aplicadas al proyecto

La memoria de este proyecto trata sobre el diseño de una impresora 3D de chocolate, y eso implica que es una máquina que debe cumplir ciertas normativas.

Antes de mencionarlas nos gustaría remarcar que el objetivo que este proyecto es el diseño de un prototipo, con lo cual, hemos tenido en cuenta aquellas normativas que nuestra máquina deberá cumplir cuando sea funcional en su totalidad, pero no de su inmediato cumplimiento ya que en este estado del proyecto nuestra máquina es aún un prototipo. Aún así, y para futuro cumplimiento, a continuación se presentan las normativas que deberá cumplir.

Por tratarse de una máquina:

- Directiva de máquinas 2006/42/CE (Real Decreto 1644/2008), de acuerdo con las siguientes normas armonizadas:
  - UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo (ISO 12100:2010).

Por tratarse de una máquina eléctrica:

- Directiva de baja tensión 2006/95/CE (Real Decreto 1890/2000), de acuerdo con las siguientes normas armonizadas:
  - UNE-EN ISO 60950-1:2007 Equipos de tecnología de la información. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales (IEC60950-1:2005 modificada).

Por lo que respecta a los componentes electrónicos, tanto los propios de una impresora 3D como los integrantes del sistema de refrigeración:

- Directiva RoHS II 2011/65/UE (Real Decreto 219/2013) sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.

Por tratarse de una máquina alimenticia, ya que el producto con el cual se trabaja es el chocolate:

- Reglamento (CE) Nº852/2004 (29 de abril de 2004). Relativo a la higiene de los productos alimenticios.
- Reglamento (CE) Nº1935/2004 (27 de octubre de 2004). Sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Directiva 2006/42/CE (17 de mayo de 2006). Relativa a las máquinas: Apartado 2.1. Máquinas destinadas a los productos alimenticios, cosméticos o farmacéuticos.

## 5. El chocolate

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en la impresión 3D son las propiedades del material con el que se trabaja. Es decir, el material con el que se va a hacer la impresión. En nuestro caso el chocolate.

Así pues, en la fase inicial de la investigación previa a la realización de este proyecto, fue necesario documentarse tanto del mundo de las impresoras 3D como del de repostería asociada al chocolate. En este apartado se va a tratar concretamente del segundo de los dos puntos que se ha mencionado.

Más allá de toda la información que se ha podido consultar y recoger de internet, y de bibliografía diversa, se ha creído que la mejor opción era tratar directamente con alguna persona vinculada profesional y activamente al sector de la repostería y, a ser posible, especializada en el chocolate. Es por eso que tras valorar varias opciones, se decidió que el mejor centro con el que se debía establecer contacto era la Pastelería Escribà. Negocio que nació en el año 1906 y con tres pastelerías en la ciudad de Barcelona, se dedica dentro de la repostería principalmente en la pastelería, con una gran orientación al producto del chocolate.

La Pastelería Escribà cuenta además con una escuela propia, la Escribà Academy. Esta escuela se dedica a hacer cursos de formación orientado a particulares. Se creyó apropiado participar en uno de sus cursos como introducción y toma de contacto con el mundo de la pastelería, así que se participó en el curso llamado “Curso iniciación al chocolate”. Puede verse en el anexo A.4 el diploma que certifica dicha participación. A continuación se expondrá toda la información potencial obtenida.

### 5.1. Tipos de chocolate y composición

El paso previo a determinar las propiedades del material con el que trabajar, es escoger el tipo de chocolate: blanco, con leche o negro. En función de dicha elección, las características principales del chocolate van a cambiar, ya que al tener proporciones distintas de sus ingredientes base, el resultado final va a variar. A continuación adjuntamos tres imágenes con los ingredientes que componen cada uno de estos tres tipos de chocolate.

En las figuras 11, 12 y 13 que se pueden apreciar a continuación se muestran tres recipientes, cada uno de ellos con los ingredientes que constituyen, respectivamente, chocolate blanco, con leche y negro.



**Figura 11:** chocolate blanco



**Figura 12:** chocolate con leche



**Figura 13:** chocolate negro

Como se puede observar, ya a simple vista hay una gran diferencia entre los ingredientes de cada uno de ellos. Los componentes base de los que hablábamos anteriormente son: pasta de cacao, manteca de cacao, azúcares, lecitina de soja, leche en polvo y vainilla. El chocolate blanco es el que tiene más porcentaje de azúcar y el negro, el que menos. Más adelante se mostrará el caso concreto que nos ocupa con cifras significativas.

Las densidades de los diferentes tipos de chocolate varían según su formulación. El blanco siempre es más fluido que el chocolate con leche o el negro, por la carencia de pasta de cacao y alto contenido en manteca de cacao (la manteca de cacao es una grasa que, una vez superada su temperatura de fusión, se encuentra en estado líquido). El chocolate negro es el más espeso, característica aportada por la pasta de cacao.

Seguidamente se detallará la composición del chocolate comúnmente llamado chocolate al 70%, o lo que es lo mismo, chocolate con un 70% de cacao. Su composición consta de: 60% de pasta de cacao, 10% de manteca de cacao añadida, 29% de azúcares y 1% de lecitina de soja. A su vez, la pasta de cacao tiene un 55% de manteca de cacao y un 45% de sólidos de cacao no grasos. Teniendo en cuenta la composición del chocolate, la de la pasta de cacao y la manteca de cacao añadida, se puede deducir:

$$\text{Sólidos de cacao no grasos} = 60 * 0'45 = 27\%$$

$$\text{Manteca de cacao} = (60 * 0'55) + 10 = 43\%$$

Así pues, la elección como materia prima ha sido el chocolate negro. Por los motivos expuestos anteriormente es el mejor tipo de chocolate ya que nos permitirá trabajar de forma óptima buscando la temperatura exacta a la cual se quiere llegar, encontrando el equilibrio entre densidad deseada y espesor.

## 5.2. Templado

Por otro lado, un aspecto muy importante a tener en cuenta es el templado. El chocolate como producto de repostería, requiere un trato muy concreto para trabajar con él en óptimas condiciones. El proceso que requiere antes de poder ser utilizado es un templado. Con ello se consigue precristalizar la manteca de cacao. Cuando se tempera el chocolate la manteca de cacao que contiene se lleva a una forma cristalina estable. De este modo se garantiza la dureza, el brillo y la fuerza con la que se encoge el producto final enfriado. Por lo contrario, si se fundiera el chocolate de forma normal y se deja enfriar hasta la temperatura de trabajo deseada, no se obtendrá un resultado brillante.

En las figuras 14, 15, 16 y 17 se muestra la información del chocolate usado.



Figura 14: dorso paquete



Figura 15: reverso paquete

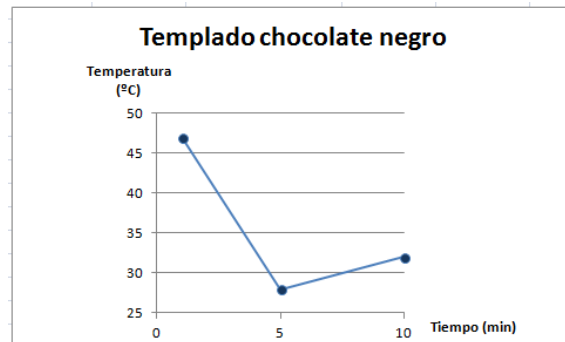


Figura 16: lateral izquierdo paquete



Figura 17: lateral derecho paquete

Mediante la figura 18 se ha pretendido ampliar la imagen del gráfico del templado del chocolate negro.



**Figura 18:** gráfico representativo templado

Como puede verse en las imágenes adjuntadas, el proceso de templado consiste en calentar el chocolate negro hasta una temperatura de 47°C (el rango 45-50°C sería aceptable), a continuación enfriarlo hasta 29°C y por último volver a calentarlo hasta 32°C (el rango 30-37°C sería aceptable). Mencionar que claramente lo que permite estos rangos de temperaturas es trabajar con un chocolate más denso o más fluido. A menos temperatura, más denso será el chocolate. Un exceso de las temperaturas límites de rango abortaría el proceso de templado.

En el caso de este estudio la temperatura final de trabajo serán 32°C. En primer lugar, porque es la temperatura óptima con la cual trabajar, y eso dará un producto más deseable a nivel de repostería. Y en segundo lugar, porque es una temperatura que, dentro del rango de temperaturas con las cuales trabajar, es lo más denso posible. Eso nos permitirá una impresión más controlada ya que el flujo de material que saldrá del depósito inferior será menor.

### 5.2.1. Métodos de templado

Para llegar a cabo el proceso de templado hay distintos métodos. Como consideraciones a destacar se tiene la temperatura ambiente 23°C y el estado inicial del chocolate conocido como gotas de chocolate. Dicho elemento puede apreciarse en la figura 19 que se muestra a continuación.



**Figura 19:** gotas de chocolate

- **Marmoleado:** se calienta el chocolate a 50°C. De la cantidad de chocolate que se quiera conseguir tener templado, tres cuartas partes se vierten en la superficie de trabajo (mármol como superficie óptima) y la cuarta parte restante en un bol.

Se va removiendo el chocolate de la superficie de mármol de manera continuada con una espátula con el objetivo de enfriar. Se toma la temperatura con una termómetro de sonda (teniendo en cuenta que en la parte exterior no habrá la misma temperatura que la interior), y cuando se ha conseguido una temperatura de 29°C, se vuelve a mezclar con la cuarta parte de chocolate para así elevar la temperatura hasta 32°C. Mezclar hasta tener temperatura homogénea.

- **Siembra:** de la cantidad de chocolate a templar deseada, se funde un 75% a 50°C. El 25% restante se mantendrá en forma de gotas a temperatura ambiente. A continuación se hace uso de una trituradora de cocina (Toolmix por ejemplo) y se tritura todo para que sea homogéneo.

La teoría de este método dice que al añadir chocolate en gotas cristalizado se hace descender la temperatura hasta la deseada según el tipo de chocolate. Se calienta ligeramente para finalizar la curva de templado y el chocolate está perfectamente preparado para trabajar. El inconveniente es que es un método inestable y fácil de alterar por medios externos.

- **Microondas:** este método se basa en el método de siembra. Se pone en un bol la cantidad de chocolate a templar deseada, y se calienta en un microondas a intervalos de tiempo breves (20 segundos). A cada intervalo para el microondas y girar el bol (no el chocolate del interior del bol). Cuando se tenga el 75% de la cantidad del bol fundida, se saca finalmente del microondas y se mezcla.

Cabe destacar que el chocolate siempre que se introduce en el microondas debe calentarse a mínima potencia (la de descongelación) ya que es un producto anhidro, es decir, no contiene agua. Por tanto, pasa de estado fundido a caramelizado muy rápidamente.

- **Micryo:** el Micryo es una marca registrada de la multinacional Barry Callebaut. Se trata de manteca de cacao en polvo. Este estado se obtiene sumergiendo la manteca en nitrógeno líquido a  $-196^{\circ}\text{C}$  y con un posterior triturado. Para usar Micryo se debe fundir el chocolate entre  $40$  y  $50^{\circ}\text{C}$  y dejarlo enfriar a temperatura ambiente hasta los  $34^{\circ}\text{C}$ . A esa temperatura se añade un 1% de Micryo o 10g por kg de chocolate. Se agita con un utensilio preferiblemente de silicona y cuando llega a la temperatura de trabajo deseada ya está templado.

La teoría dice que el método se basa en agregar moléculas de manteca de cacao perfectamente precristalizadas, es decir, núcleos de cristalización. A menor temperatura, más fuerte son estos núcleos, por tanto un producto que ha estado a  $-196^{\circ}\text{C}$  habrá formado una cristalización muy fuerte y muy fácil de copiar por el resto de las moléculas del chocolate.

En el caso de este estudio, se ha elegido como método de templado el del microondas, ya que era el método que permitía de manera más práctica y sencilla obtener el chocolate de manera templada óptima y rápida.

## 6. Estudio de alternativas iniciales

En este apartado se presenta el estudio llevado a cabo durante la realización del diseño de la impresora. En él, se comentarán las opciones que se plantearon como posibles soluciones a problemas que presentaba el proyecto, aunque finalmente fueran descartadas. En el próximo apartado, el número 7, se explicará detalladamente la solución técnica adoptada.

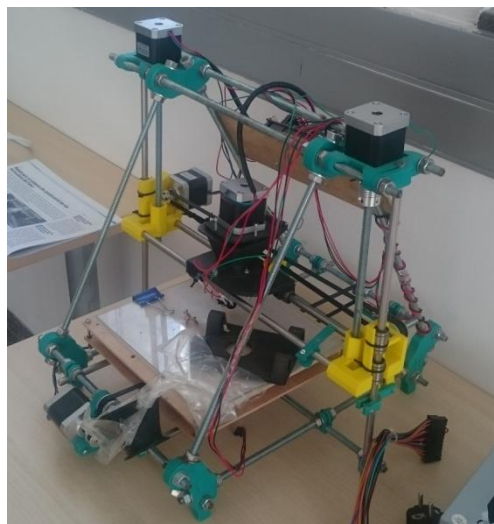
La realización de un estudio previo, tanto del mercado e impresión 3D actual, como de análisis y ensayo y error de las alternativas propiamente diseñadas, ha sido indispensable para la realización del diseño final.

### 6.1. Estructura de la impresora

La primera característica que se optó por decidir dado que su elección influiría el resto del diseño fue la estructura.

En un inicio se planteó la opción de escoger la estructura triangular de las impresoras 3D Mendel, dado que todo lo que requeriría saber sobre ellas y su montaje es Open-Source y hay muchísimo conocimiento sobre las mismas. Además su fácil montaje y la posibilidad de manejarlas en todos los sentidos nos hicieron creer que sería una buena opción. Pero no fue así.

En la figura 20 se muestra una impresora Mendel para poder apreciar su estructura.



**Figura 20:** impresora Mendel

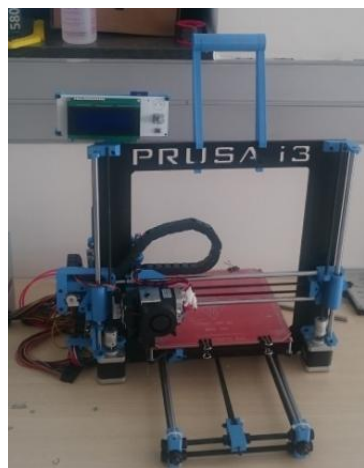


La estructura de las impresoras Mendel se descartó porque (comparada con las que se verán a continuación) es frágil, poco robusta, inestable, no ofrece la posibilidad de mantener la impresión en un espacio controlado cerrado. Si a eso se le añade la intención que se tiene, la necesidad de acoplar un sistema de extrusión propio y que sostenga un depósito de chocolate, habría que diseñar un soporte que es difícil de acoplar dada la estructura, y a su vez lo volvería aún más inestable, dando lugar a frecuentes descalibraciones y una impresión de peor calidad.

Esta fue la alternativa que nos presentó más inconvenientes, y fue positivo ya que mostró todo aquello que se quería que la impresora tuviera.

A continuación se valoró la posibilidad de usar la estructura de una Prusa i3. Su estructura es ligeramente más robusta que una Mendel, y la posibilidad de acoplar un sistema de impresión propio incluido el depósito de chocolate es más viable a priori. Pero aún así no ofrece todo aquello que se deseaba para la solución final. Si se considerara necesario más adelante, no sería posible mantenerla cerrada por ella misma en un ambiente controlado.

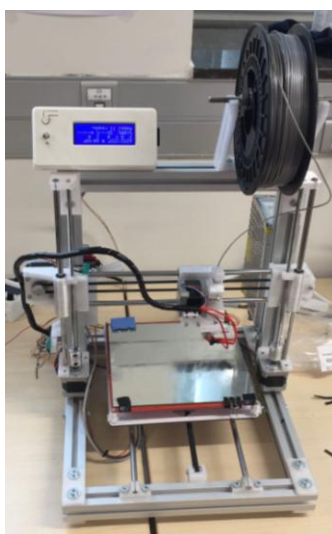
En la figura 21 se muestra una impresora Prusa i3 para poder apreciar su estructura.



**Figura 21:** impresora Prusa i3

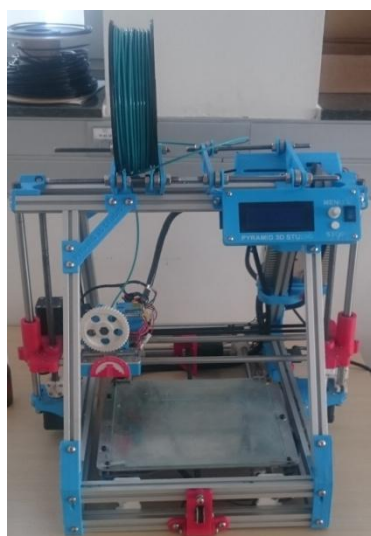
Otra opción posible fue la estructura de una impresora 3D Rebel. Esta se asemeja más a aquello que se quería obtener. Tiene una estructura claramente robusta, y acoplar en ella el sistema de extrusión no sería un inconveniente mayor. Aún así tampoco era posible tenerla en un ambiente cerrado controlado con facilidad. Fue en ese punto cuando se decidió desarrollar la idea de una impresora que tuviera la estructura de un cubo.

En la figura 22 se muestra una impresora Rebel para poder apreciar su estructura.



**Figura 22:** impresora Rebel

Por último, se analizó la Pyramid. Estructura cerrada, muy robusta y dada su forma podría cerrarse aunque no herméticamente. Las dos barras superiores ofrecen la posibilidad de sujetar en él un sistema de extrusión de dimensiones considerables. En la figura 23 se puede apreciar dicha impresora.



**Figura 23:** impresora Pyramid

## **6.2. Extrusor**

Un elemento importante que requirió especial atención, es la elección del extrusor del sistema de extrusión. Eran varias las alternativas entre las que se debía escoger.

Una opción era la utilización de un extrusor como los que utilizan normalmente las impresoras 3D de plásticos. Un gran inconveniente es que la mayoría de ellos están diseñados para extruir filamento, y ese no es el presente caso.

Otra opción era la incorporación en el sistema de una aguja metálica como las que se usan para rellenar alimentos como el pavo por ejemplo. Esta alternativa fue considerablemente considerada, ya que ofrecía la posibilidad de ser acoplada fácilmente mediante una rosca, y el diámetro de salida sería ajustable según la necesidad.

Hay que tener en cuenta, que cualquiera de estos dos casos implicaría añadir a nuestro sistema otro elemento comprado y no diseñado. Además, puesto que el prototipo está fabricado con PLA, habría que acoplar a dicho material un metal, y el encaje que resultaría no sería fácilmente desmontable.

## **6.3. Transmisión de movimiento**

A pesar de haber decidido la impresora a partir de la cual se quería trabajar, básicamente la impresora conceptualmente ideada y la desarrollada comparten dos aspectos: la estructura y el sistema de transmisión de movimiento core XY (dicha tecnología será explicada detalladamente en el apartado 7.6.2). Uno de los aspectos que no compartirán la impresora Frax 3D con la propuesta en este proyecto es el sistema de extrusión y por lo tanto tampoco la transmisión de movimiento de dicho sistema.

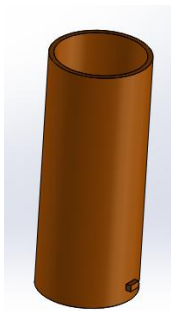
Esto es así debido a que la impresora Frax 3D es una impresora diseñada para trabajar principalmente con plásticos como el PLA y el ABS, aunque también puede trabajar con otros materiales como el Nylon, Laywood, etc.

En la figura 24 se muestran los materiales con lo que puede imprimir una Frax 3D.

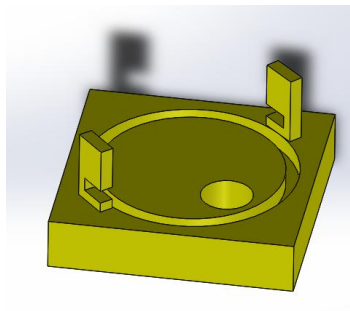


**Figura 24:** materiales disponibles Frax 3D  
(<http://frax3d.com/productos/frax3d>)

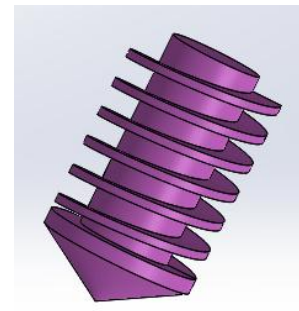
Es por ello que el sistema de extrusión de la impresora conceptualmente ideada no va a ser aplicable en la impresora que se desea desarrollar, con lo cual ha sido necesario un diseño exclusivo en este punto. A continuación en las figuras 25,26 y 27 se mostrará el diseño inicial de los primeros elementos que se plantearon.



**Figura 25:** depósito superior inicial



**Figura 26:** pieza unión inicial



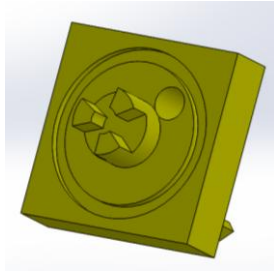
**Figura 27:** tornillo sin fin inicial

El concepto sobre el cual se quería trabajar se iba a basar en tres conceptos: un depósito superior donde introducir el chocolate fundido, un tornillo sin fin sobre el cual caería el chocolate e iría descendiendo por él y una pieza de unión entre ambos. La pieza de unión deberá transmitir el movimiento al tornillo sin fin.

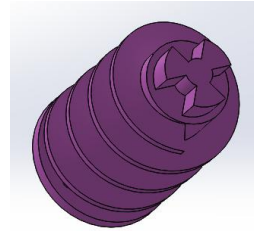
Se debía solucionar inicialmente dos problemas (siendo conscientes de todas las mejoras que eran necesarias implantar en el diseño). Por un lado, ser capaces de hacer que la pieza de unión pudiera transformar la energía eléctrica de un motor eléctrico en un movimiento mecánico de rotación. Y por otro lado, la capacidad de transmitir dicho movimiento mecánico al tornillo sin fin.

A la vez que se solucionaban los aspectos que se acaban de mencionar, paralelamente conceptos como la unión entre los elementos y el diseño eran mejorados, para intentar conseguir un óptimo funcionamiento del sistema.

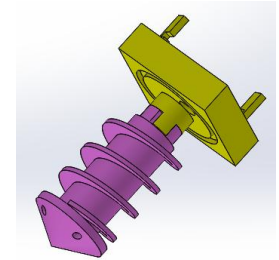
En las figuras 28, 29 y 30 que se observan en la parte inferior se puede apreciar la solución al segundo problema: la transmisión del movimiento de la pieza de unión al tornillo sin fin. Se hizo mediante un acoplamiento mecánico de tres pestañas que encajan de una pieza con la otra.



**Figura 28:** depósito superior modificado

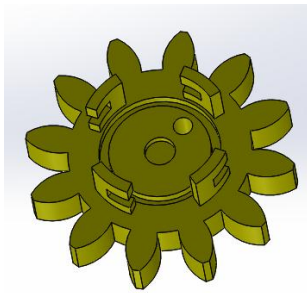


**Figura 29:** pieza unión modificada

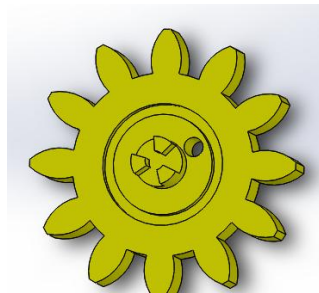


**Figura 30:** tornillo sin fin modificada

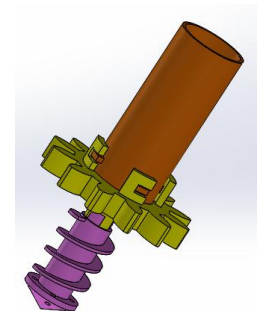
Habien resuelto uno de los dos problemas, se requería solucionar el restante. En este momento se llegó a la siguiente decisión: añadir otros elementos o modificar la pieza de unión. Dado que el sistema en proceso de desarrollo iba a tener unas dimensiones mayores que el de la Frax 3D, se decidió que la mejor opción era no añadir más elementos ya que el espacio que representaría el sistema de extrusión podría llegar a ser excesivamente elevado. En las figuras 31, 32 y 33 se muestra la modificación hecha en la pieza de unión así como su acoplamiento a las otras dos piezas.



**Figura 31:** pieza unión vista superior previa a diseño final



**Figura 32:** pieza unión vista inferior previa a diseño final



**Figura 33:** sistema extrusión previo a diseño final

El diseño en forma de engranaje de la pieza de unión con el conjunto de pestañas de la parte inferior del mismo, daba solución a los dos inconvenientes planteados inicialmente. Posteriormente en el

apartado 7.6.2 se podrá observar como se ha transmitido el movimiento desde un motor eléctrico hasta la pieza de unión, utilizando un sistema de engranajes dada la morfología de dicho diseño.

## 6.4. Sistema de refrigeración

Dada la indudable probabilidad de que uno de los principales problemas con los que íbamos a encontrarnos en el momento de imprimir chocolate, fuera la solidificación del mismo, se plantearon distintas opciones para solucionarlo.

La primera opción que planteamos fue la posibilidad de trabajar con nitrógeno líquido. Un producto relativamente innovador en su uso en la cocina para el rápido enfriamiento. El problema de dicho producto es su precio, muy alto. Un contenedor de nitrógeno líquido de 10L cuesta 495€ (referenciado en la bibliografía). Así que descartamos esta posibilidad.

Otra alternativa fue el hecho de diseñar e instalar dentro de la propia impresora una cama refrigerada, a diferencia de las camas calientes con las cuales suelen trabajar las impresoras 3D de plásticos. A pesar que no resulta tan cara como la opción anterior, se consideró que el acoplamiento de este tipo de sistema a nuestra impresora le añadiría una complejidad elevada a la realización del mismo, debiendo prestar especial atención a determinados aspectos cuando la construcción de una impresora 3D de chocolate por si misma ya la requiere, así que también se descartó.

## 6.5. Pérdidas de temperatura

Uno de los aspectos en los que se debió prestar especial atención durante el desarrollo del proyecto fue el control de la temperatura del chocolate. Tal y como se ha explicado en el apartado 5 de esta memoria, la temperatura de trabajo será de 32°C.

Las principales razones para no estar logrando la temperatura deseada son dos: una mala lectura y/o comunicación entre el sensor térmico y la pantalla LCD, y pérdidas de temperaturas propias del sistema.

Por lo que respecta al primer posible error, se obtuvo que podía corregirse con la elección de un termistor, concretamente el modelo LM35. Es un sensor de temperatura con un error de  $\pm 1/4^\circ\text{C}$ . es decir, el error de lectura que podría hacer y comunicar a la LCD no llega a  $1^\circ\text{C}$ , aspecto que no hará que se aborte el proceso de templado.

En términos del segundo posible error, dado que es una causa que puede darse en más de un punto del sistema, se analizará a continuación para cada elemento crítico.

### 6.5.1. Depósito superior

Previo a la explicación, se van a realizar una serie de cálculos.

Suponiendo que se quisiera hacer una impresión con las máximas dimensiones posibles, se tendría que tener en cuenta que las dimensiones de la cama son de 200x200mm y que la altura máxima de impresión es también de 200mm. A partir de dichos valores, se va a calcular el volumen de un cubo con dichas medidas con la siguiente expresión:

$$V = a^3 \quad (\text{Eq. 6.1})$$

Dónde:

a: anchura = altura = profundidad [mm]

$$V = 200^3 = 8.000.000 \text{ mm}^3 = 8l$$

Este sería el volumen máximo que la impresora podría imprimir por sus capacidades, no por la capacidad de su depósito.

A continuación se va a calcular el volumen total del depósito superior. Su valor puede calcularse con la siguiente expresión:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (\text{Eq. 6.2})$$

Dónde:

V: volumen del depósito superior [mm<sup>3</sup>]

Π: constante Pi

r: radio de la circunferencia interior[mm]

h: altura del cilindro[mm]

$$V = \pi \cdot 275^2 \cdot 150 = 356.374'42 \text{ mm}^3 \approx 0'36l$$

Para poner un ejemplo, con este volumen se podría imprimir un cubo con las siguientes dimensiones. Se calculará como:

$$V = a \cdot b \cdot c \quad (\text{Eq. 6.3})$$

Dónde:

V: volumen del cubo [ $\text{mm}^3$ ]

a: anchura = 80mm

b: altura = 55mm

c: profundidad = 80mm

$$V = 80 \cdot 80 \cdot 55 = 352.000 \text{mm}^3 \approx 0'35l$$

Así que para hacer piezas de cierto volumen es ideal. Pero en este punto aparece un inconveniente.

Se introduce el chocolate en el depósito superior a una temperatura de  $31^\circ\text{C}$ , pero al tener el depósito las dimensiones que se acaban de definir, habrá que considerar un gradiente de temperatura en el mismo. Siendo la temperatura máxima en el centro del depósito y la mínima en las paredes.

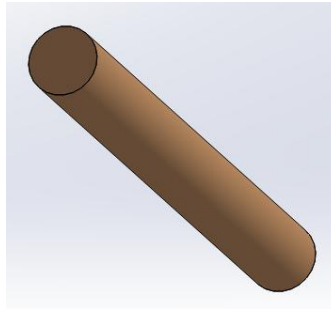
Con el fin de evitar esto se diseñaron dos elementos. Hay que tener en cuenta que el objetivo del proyecto es diseñar un prototipo que aunque ahora mismo está constituido por piezas de PLA, en un futuro se mecanizaría para producirlas de acero inoxidable. Se profundizará ese aspecto en el apartado 10.

Primeramente, un cilindro macizo con el fin de actuar como disipador de calor. Con ello, aunque se estaría perdiendo como volumen de depósito la parte proporcional que ahora ocuparía este elemento, no habría una diferencia de temperaturas tan considerable entre las paredes del depósito y su zona más interior. Cuando en el apartado 7.6.1 se habla del sistema de extrusión adoptado como solución, podrá verse que el elemento al que debería ir unido tiene la ranura dónde se encajarían mecánicamente.



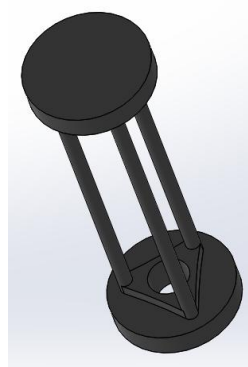
Esta alternativa, a pesar de ser una posible solución en el aspecto de pérdida de temperatura dentro del depósito superior, carece de funcionalidad si la pieza que lo constituye está hecha de un material como el PLA, que no conduce térmicamente.

En la figura 34 puede observarse el diseño de dicho elemento.



**Figura 34:** cilindro macizo

Por último, se diseñó otra pieza que tendrá la función de colocarse concéntricamente al elemento anterior, y dada su forma (que se puede apreciar en la figura 35) hace que mediante gravedad por su propio peso empuje el chocolate para darle así más presión de salida. Además, se diseñó simétricamente igual para que así el depósito no estuviera abierto. Aún así, al descartar el elemento anterior este también se consideró no debía escogerse.



**Figura 35:** pieza interior del depósito superior

Dado que estos dos elementos fueron descartados, se pensó en adoptar una alternativa. Dicha solución consistirá en mantener el depósito superior de chocolate en constante movimiento. Con la intención de implantar los dos elementos en una futura fabricación de este prototipo, se respetó el concepto que en un futuro podría haber en el interior del depósito otros elementos.

Por lo tanto, en el diseño final que se adoptará, se pretende hacer que el depósito superior esté en constante rotación. Ello hará que el chocolate, al no estar completamente estático, conlleve a menos pérdidas de temperaturas. El análisis de dicha solución podrá observarse en el apartado 7.6.1.

### **6.5.2. Pieza de unión**

Por lo que respecta a la pieza de unión encontramos también un punto crítico. El agujero por el que pasa el chocolate desde el depósito superior hasta el tornillo sin fin/depósito inferior.

El modo de que el paso del flujo por dicho agujero no represente ningún problema, ni derivando en pérdidas de temperatura ni obstruyéndose, es hacerlo lo suficientemente ancho como para evitar estos casos. La elección y justificación del valor de dicho diámetro puede observarse en el apartado 7.6.1.

### **6.5.3. Depósito inferior**

Como última pieza se analizará el depósito inferior. Como anteriormente se ha mencionado el depósito superior tendrá un constante movimiento. Por lo tanto, la pieza de unión y el tornillo sin fin, que van mecánicamente unidos, también lo harán.

Eso hizo que se planteara la opción de mantener el depósito inferior fijo, para implantar en él una solución hasta el momento no viable. Con el objetivo de no tener pérdidas de temperatura en el depósito inferior, se decidió envolver dicho depósito con una resistencia de silicona en forma de tubo.

Dicha resistencia será controlada electrónicamente mediante el sistema detallado en el apartado 7.4.1, y justificado su elección y procedimiento en el apartado 7.6.3.

## 7. Descripción técnica de la solución adoptada

En este apartado se describirá detalladamente la solución técnica adoptada y se mencionarán los criterios en los que se ha basado su desarrollo.

### 7.1. Criterios generales

Durante el proceso de desarrollo del diseñado se han seguido ciertos criterios para la óptima realización del mismo. Estos criterios son:

- Depósito superior abierto y habilitado para trabajar con el chocolate ya fundido y templado. Para una posible futura unión a una máquina templadora de chocolate.
- Espacio de impresión cerrado.
- Prototipo transportable. Todos los componentes excepto el sistema de impresión deben residir dentro de la impresora.
- Capacidad de controlar la temperatura en distintos puntos del sistema de extrusión.
- Precio final del prototipo y sus componentes inferior a 700€.
- Diseño de componentes sencillos, para posibilitar su impresión en otras impresoras 3D.
- Sistema de extrusión ensamblado mecánicamente con uniones fácilmente desmontables. Para facilitar el intercambio de sus elementos y limpieza de los mismos.
- Diseño versátil. Posibilidad de rediseño de alguno de sus elementos sin implicar todo el sistema.
- Aplicar conceptos ingenieriles.

### 7.2. Estructura

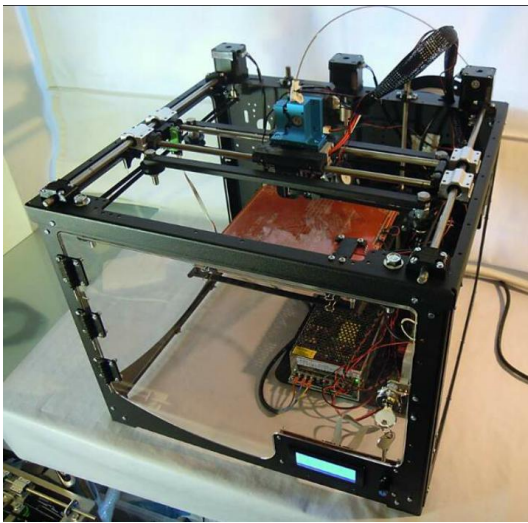
Como se ha descrito anteriormente en el apartado 6.2, hay un séquito de requisitos que se desea que la impresora desarrollada en este proyecto tuviera. Estructuralmente hablando, debe ser una impresora en forma de cubo, con un espacio de impresión cerrado, robusta, con un sistema de impresión core XY y fácilmente transportable.

Por todos los motivos que se acaban de mencionar, la impresora conceptualmente ideada ha sido la Frax 3D. Dicha impresora es totalmente Open-Source, hecho que ha simplificado en gran medida el desarrollo de determinados puntos del diseño de la impresora de chocolate.

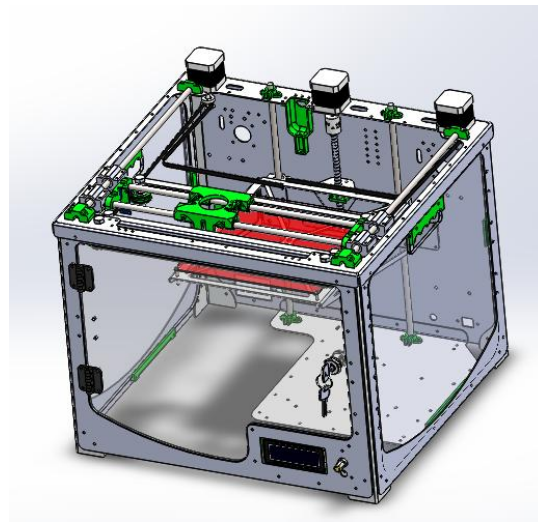
Dado que el diseño de esta impresora está en constante evolución, en la página web se puede observar que hay varios diseños. En el que se basará la impresora que chocolate que nos ocupa, es el diseño Frax 3D. La página web que se acaba de mencionar es la siguiente, donde puede encontrarse todas las características necesarias, así como su diseño:

<http://frax3d.com/productos/frax3d>

En la figura 36 se muestra una imagen real de dicha impresora, mientras que en la figura 37 se observa el diseño en CAD de la estructura de la misma.



**Figura 36:** impresora Frax 3D



**Figura 37:** diseño CAD impresora

### 7.3. Software utilizados

Para poder obtener la mejor impresión posible, es necesario el uso de determinados software.

Para el diseño tanto de la impresora y sus elementos como del sistema de extrusión, el software utilizado ha sido SolidWorks. Es un software CAD para modelado mecánico, que permite guardar los archivos diseñados en CAD en el formato necesario para su posterior impresión en 3D.

Simplify3D es el software que nos permitirá, una vez guardado el archivo CAD en el formato adecuado (por ejemplo .stl), convertir el modelo digital 3D en instrucciones para su posterior impresión en una impresora 3D. Otros software que permitirían dichas funciones podrían ser el Slic3r o el Cura. La elección de Simplify3D frente a los otros, es por la mayor facilidad de modificación de parámetros requeridos por la impresora de chocolate.

Habiendo inicializado Simplify3D, es necesario definir los parámetros para definir la impresión que se quiere conseguir. Dicho software está preparado para utilizar típicamente en una impresión 3D de plásticos. Aún así, se puede adaptar a las necesidades de la impresora de chocolate que nos ocupa.

Dado que dicho software no está ideado pensando en una impresión de chocolate, los parámetros definidos en el próximo apartado han sido obtenidos analizando los resultados experimentales que se iban consiguiendo.

### 7.3.1. Configuración parámetros impresión

A continuación en las figuras 38, 39, 40 y 41 se muestran los principales parámetros de impresión definidos para la impresora 3D de chocolate de este proyecto, en el software Simplify3D. Se han modificado, respecto los parámetros estándar en impresión 3D de plásticos, aquellos que se ha considerado debían adaptarse a una impresión con chocolate.

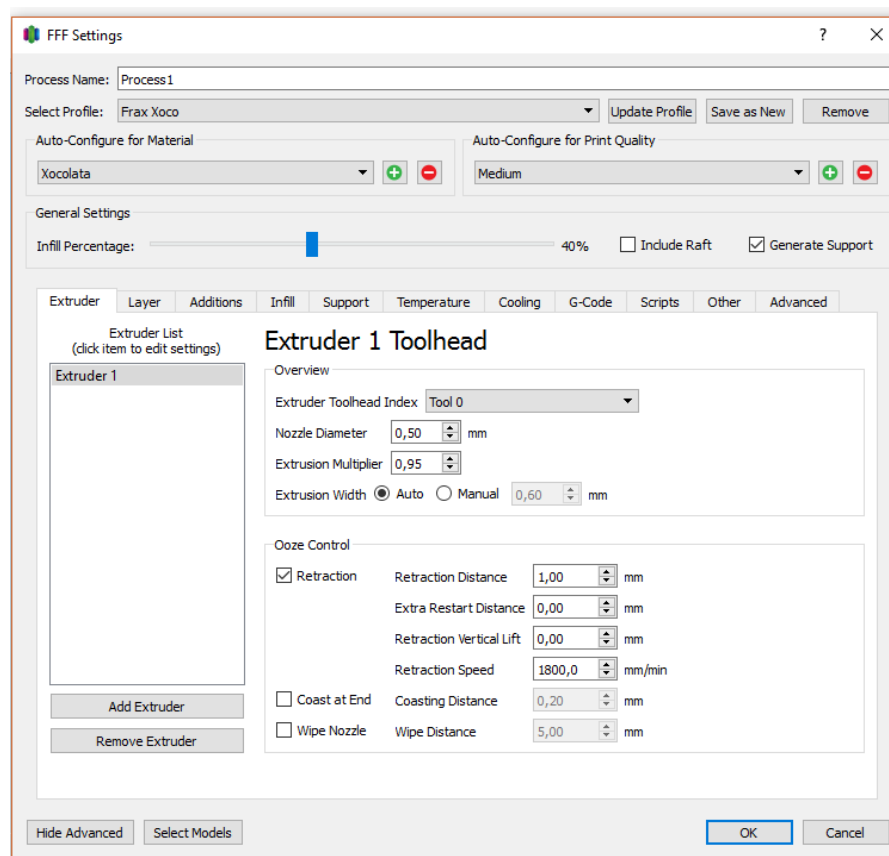


Figura 38: parámetros impresión (Extruder)

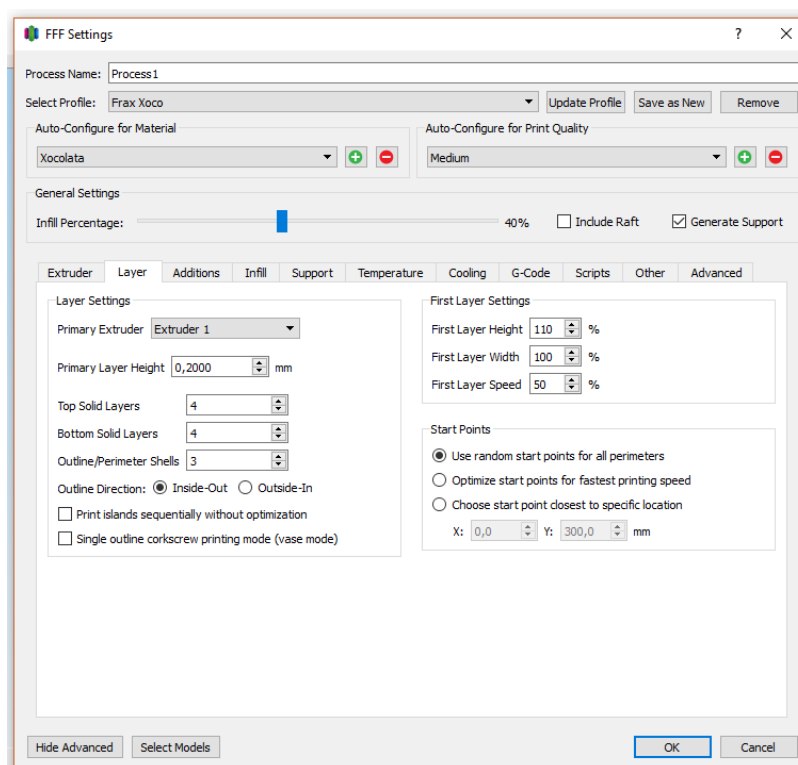


Figura 39: parámetros impresión (Layer)

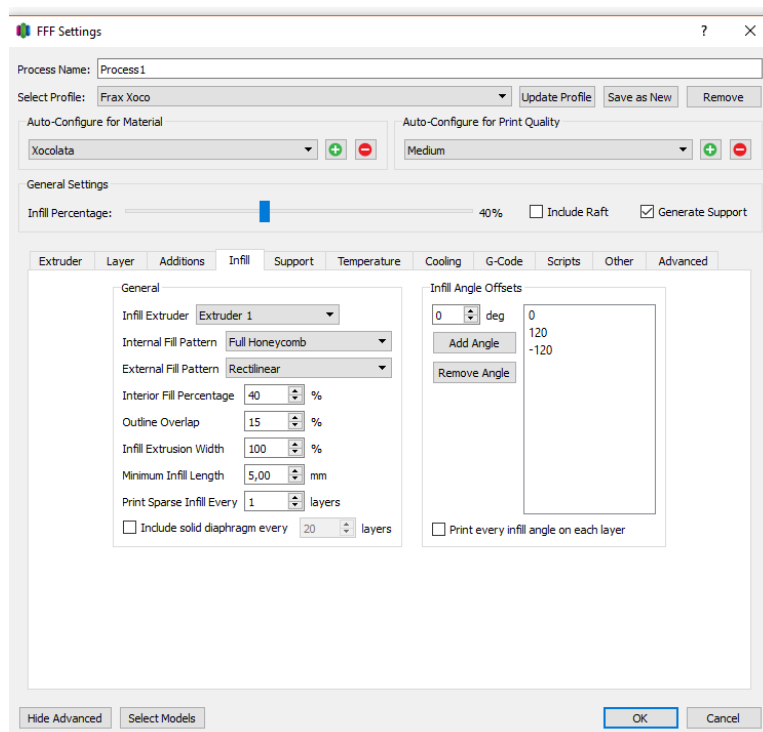


Figura 40: parámetros impresión (Infill)

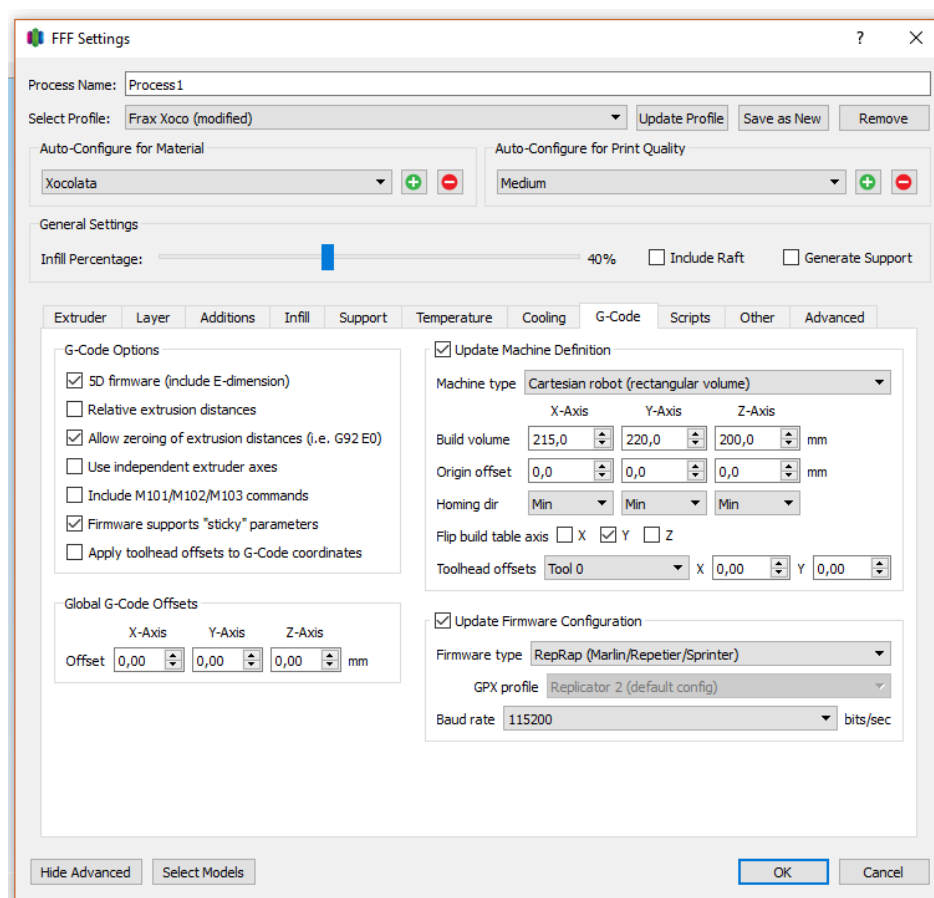


Figura 41: parámetros impresión (G-code)

## 7.4. Electrónica y Firmware

En el desarrollo de este proyecto ha sido necesario la aplicación de una gran variedad de componentes electrónicos. Una impresora 3D de plástico es electrónicamente controlada por una RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield). Sin embargo, en este proyecto dado la necesidad de ir solucionando todo aquello que requería alternativas, se ha diseñado un sistema electrónico de control adicional. A continuación será explicado.

### 7.4.1. Sistema electrónico de control

Para cumplir los requerimientos que se querían satisfacer en la impresora desarrollada, se diseñó un sistema electrónico complementario propio para el control de tres aspectos:

- Accionamiento de un motor eléctrico para la transmisión de movimiento a la pieza de unión del sistema de extrusión.
- Accionamiento de un servomotor para el posterior uso de refrigerante.
- Control de una resistencia eléctrica en el depósito inferior del sistema de extrusión.

Los elementos necesarios para la realización de dicho sistema son los mostrados en la tabla 6.

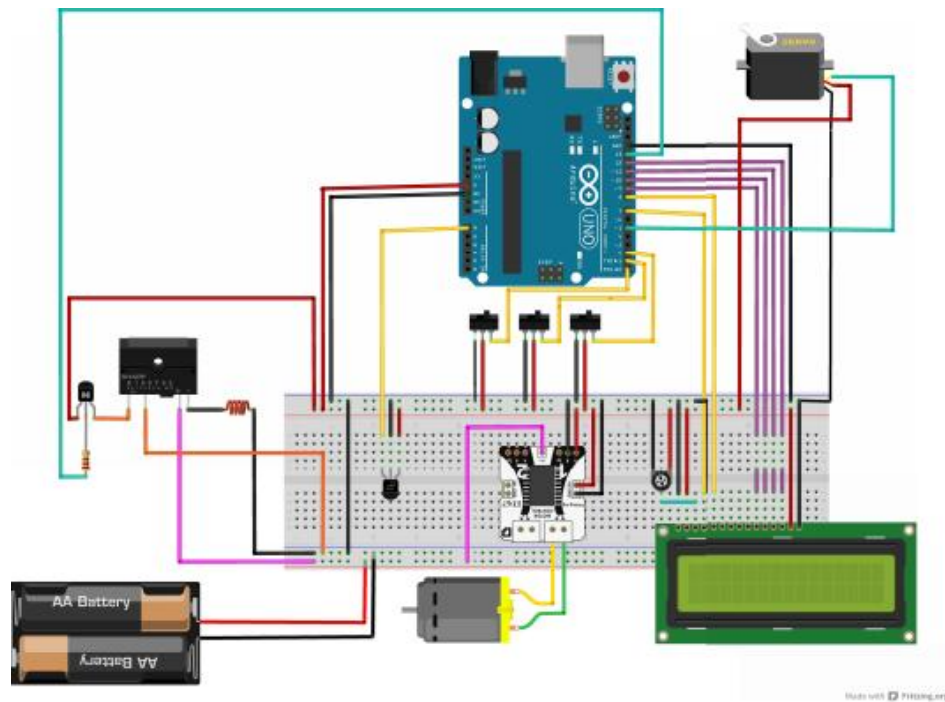
**Tabla 6:** componentes sistema electrónico de control

Cantidad	Elemento	Cantidad	Elemento
1	Resistencia flexible RFSS 12V - 30w/m	1	Motor PowerSlot 5-16v
1	069563 Relé 12V 2A 2CC PCB	1	Fuente alimentación 580w Ps580S
1	Transistor 2N2222	1	Servomotor Futaba S3003 180°
1	Resistencia 330 ohmios	1	Arduino Uno
1	Driver de dos puentes en H L298N	1	Sensor de Temperatura LM35
1	LCD RepRapDiscount Smart Controller 2004 LCD		

El firmware utilizado ha sido Arduino y el lenguaje de programación para el propio código ha sido en C. Dichos códigos y configuración pueden verse en el anexo A3.

En la figura 42 que se muestra a continuación se puede apreciar el esquemático de sistema electrónico de control. Posteriormente se describirán los elementos principales de dicho sistema, así como su funcionamiento.





**Figura 42:** esquemático sistema electrónico de control

Mediante el transistor 2N2222 se consigue activar y desactivar el relé, lo que permitirá calentar la resistencia tubular de silicona presente alrededor del depósito inferior. La justificación de dicha resistencia así como su ubicación, se justificará en el apartado 7.6.3. El código se ha configurado con un ciclo de histéresi con el fin de actuar el relé solamente cuando sea necesario, es decir, la resistencia se activará y desactivará en función de la temperatura. Lo que permitirá mantenerse en dicho ciclo de histéresi será el sensor de temperatura, que se acoplará conjuntamente a la resistencia flexible.

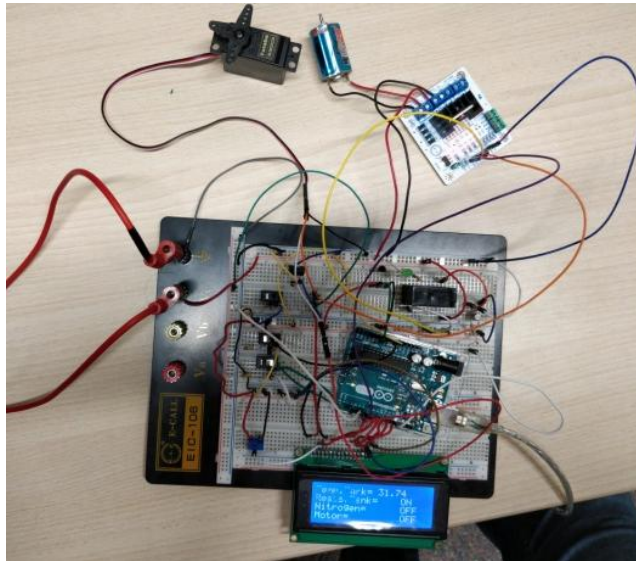
El driver de dos puentes en H L298N accionará el motor eléctrico, el que a su vez transmitirá su movimiento (mediante la correspondiente transmisión de movimiento, detallada en el apartado 7.6.2), haciendo rotar la pieza de unión.

A través del accionamiento del servomotor Futaba S3003, con un movimiento de 180°, se controlará el uso de refrigerante. Esto se hará mediante el funcionamiento de un sistema mecánico diseñado para acoplarse a través de dos elementos en el recipiente presurizado del refrigerante y en el servomotor. Dicho sistema podrá observarse en el apartado 7.6.4.

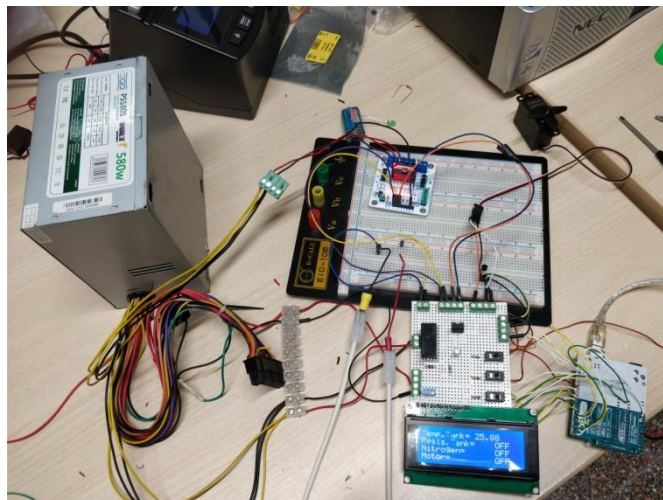
Para un mejor control del sistema electrónico se han instalado tres interruptores con la finalidad de poder activar y desactivar cada una de las tres funciones según lo deseado. El funcionamiento de dichos interruptores es independiente entre ellos.

La alimentación de dicho circuito se proporciona a través de una fuente de alimentación de 12V y 38A (no se consume su totalidad). El motor eléctrico, el relé y la resistencia van alimentados a 12V. el arduino Uno a 5V, y el servomotor, el sensor de temperatura y la pantalla LCD se alimentan a través de los 5V del arduino.

Por último, en la figura 43 se muestra el circuito analizado montado en una protoboard, sin las alimentaciones definitivas. Posteriormente, en la figura 44 puede observarse el circuito definitivo.



**Figura 43:** sistema electrónico de control en Protoboard



**Figura 44:** sistema electrónico de control

## **7.5. Elementos comprados y elementos impresos**

El criterio seguido para la elección de utilizar elementos comprados o impresos con otras impresoras 3D, se ha basado en decidir para cada uno de ellos la alternativa que mejor cumpliera con requisitos mecánicos.

En términos económicos, representa un gasto mayor la elección de elementos comprados que impresos en 3D, dada la complejidad de la mayoría de las piezas y de no disponer de un mercado que las ofreciera. Teniendo en cuenta además que algunas de las piezas han requerido su propio e innovador diseño.

Por lo tanto, aquellos elementos que deberán soportar más esfuerzos y soportar cargas mayores, serán aquellos que han sido comprados. Se habla principalmente de elementos estructurales y tornillería.

Otros elementos como determinadas piezas de unión, sujeción, carros y soportes, han sido fabricados con impresoras 3D.

Los componentes eléctricos y electrónicos no tienen consideración en dichos términos, siendo todos ellos adquiridos.

## **7.6. Diseño final: Xoco Printer**

En este apartado se expondrá la solución propuesta en esta memoria para la construcción de una impresora 3D de chocolate. Dicha impresora se ha bautizado como Xoco Printer.

Durante el análisis se detallarán las soluciones a las alternativas iniciales previamente discutidas, como el sistema de extrusión, la transmisión de movimiento o las pérdidas de temperatura, y también la propuesta del sistema de refrigeración.

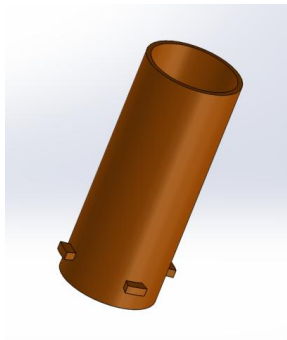
En todo el proceso de diseño se han seguido los criterios generales expuestos en el apartado 7.1.

### **7.6.1. Sistema de extrusión**

Este apartado tratará de describir cada elemento integrante del sistema de extrusión, su función e interacción con las otras piezas, tanto a nivel de encaje como de funcionalidad.

El primer elemento del sistema de extrusión es el depósito superior. Dentro suyo irá depositado el chocolate, ya fundido y templado. Como puede observarse, se respeta el criterio de ser un depósito abierto. La sencillez del diseño es apreciable, y el único elemento a destacar son las cuatro pestañas de la parte inferior, que servirán de unión mediante encaje con la pieza que se describirá a continuación. Dicho encaje permitirá una rápida unión entre las piezas, así como la posibilidad de encajarlas y desencajarlas con comodidad, como se deseaba.

En las figuras 45 y 46 pueden apreciarse dos imágenes del depósito superior.



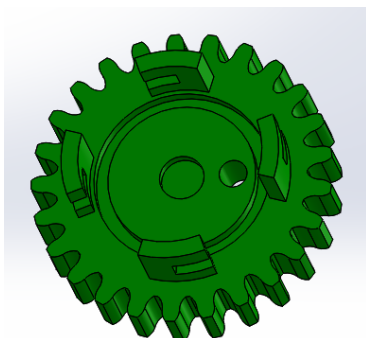
**Figura 45:** depósito superior CAD



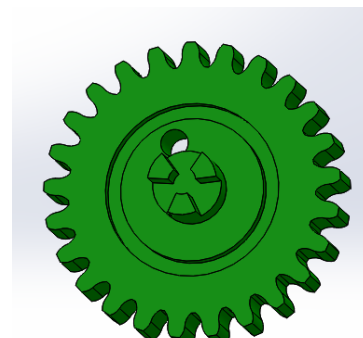
**Figura 46:** depósito superior

El segundo elemento es la pieza de unión. Esta pieza es considerada la más importante de todo el sistema de extrusión, debido a la diversidad de sus elementos y complejidad.

En la parte superior pueden apreciarse cuatro elementos que harán de encaje con las pestañas anteriormente mencionadas del depósito superior. Además, como puede apreciarse en las 47 y 48, ésta dispone de dos ranuras que harán de apoyo y un mejor acoplamiento del depósito superior y, si se diera el caso, de la barra cilíndrica maciza justo en el centro.



**Figura 47:** pieza unión CAD vista superior



**Figura 48:** pieza unión CAD vista inferior

Por lo que respecta al diámetro del agujero que permite el paso de chocolate desde el depósito superior hasta el tornillo sin fin/depósito inferior, debe respetar dos condiciones. La primera, que sea lo suficientemente grande como para que el agujero no se obstruya al llevar cierto tiempo de impresión. La segunda, que no sea excesivamente grande para evitar que el flujo de chocolate sea tanto como para no poder hacer una impresión controlada.

Inicialmente se hizo una suposición de 5mm. Al hacer la primera impresión con el agujero de la pieza con dichas dimensiones, el agujero quedó obstruido y el chocolate no se extruyó. Se hizo una segunda suposición, esta vez de 15mm. Rápidamente se vio en la impresión que el flujo de chocolate era demasiado grande y ello influía negativamente en la calidad de la impresión final, por lo que se decidió entonces probar un término medio. Con el diámetro del agujero de 10mm el paso del chocolate fue óptimo, en ningún momento dió lugar a dudas una posible extrusión, y el flujo de chocolate obtenido en el depósito inferior resultó ideal, ya que el tiempo que el chocolate necesitó para recorrer la superficie del depósito sin fin era acorde a la cantidad de chocolate que iba bajando a través del sistema de extrusión. Así que el diámetro final del agujero se escogió de 10mm.

La estructura exterior de la pieza de unión correspondiente a la parte central de la misma, es de un engranaje. Puede verse ampliamente la justificación de dicha elección en el apartado 7.6.2 que prosigue a este, pero se puede decir brevemente que dicha elección satisface la necesidad de unir este elemento con otro, y una transmisión por engranajes se ha decidido la mejor alternativa.

En la parte inferior de la pieza de unión pueden observarse dos características más. Por un lado, se vuelve a apreciar una ranura circular, donde irá encajado el depósito inferior. Dicha ranura tiene el mismo fin que la que tenía la ranura con el depósito superior.

Por otro lado puede apreciarse un saliente con tres elementos con forma de ranura mecánica que sobresalen de él. La función de dicha ranura, será la de encajar esta pieza de unión con el tornillo sin fin, ya que este también tendrá un saliente simétrico a este para un encaje mecánico que deberá resistir a los esfuerzos que aparecerán debido al movimiento del sistema de extrusión.

A pesar de la complejidad de esta pieza por la diversidad de sus elementos, tanto su acoplamiento al depósito superior como el encaje con el tornillo sin fin, son sumamente fáciles y accesibles, como se deseaba según los criterios definidos.

El último aspecto a mencionar de esta pieza es que, tal y como puede apreciarse respecto al diseño previo analizado en el apartado 6.3, las dimensiones de los dientes del engranaje han sido reducidas. Todo el espacio que represente en el eje X esta pieza, es espacio de impresión que se pierde en la cama, ya que sus dimensiones son establecidos por el diseño de la estructura. Reduciendo así dicho tamaño, se gana en amplitud de impresión.

En las figuras 49 y 50 se muestra la pieza de unión impresa en 3D con PLA.



**Figura 49:** pieza unión vista superior

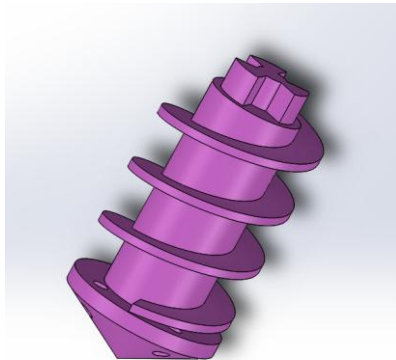


**Figura 50:** pieza unión vista superior

El siguiente elemento es el tornillo sin fin. El objetivo que se pretende conseguir con esta pieza, es que el chocolate que le llega desde el depósito superior y a través de la pieza de unión, sea capaz de hacerlo descender a través de él mediante un movimiento giratorio sobre su eje vertical. Conseguido esto, cuando el chocolate haya llegado la parte inferior de dicha pieza, ahí se encuentran cuatro agujeros con la función de facilitar el paso del chocolate para su posterior salida a través del depósito inferior. Estos cuatro agujeros están distribuidos simétricamente entre los 360° de la parte circular inferior de la pieza.

De igual forma que en el agujero de la pieza de unión, hubo que hacer varias pruebas para llegar a ser capaces de definir el valor óptimo de dicho diámetro. El valor final de dicho agujero es de 5mm. Como podrá observarse a continuación al analizar el depósito inferior, el valor de los cuatro agujeros es ligeramente superior al del diámetro de salida del depósito. La forma cónica de la parte inferior del tornillo sin fin, está ideada para tener un mejor acoplamiento al depósito inferior.

En las figuras 51 y 52 puede observarse la pieza que se acaba de describir.



**Figura 51:** tornillo sin fin CAD



**Figura 52:** tornillo sin fin

El último elemento del sistema de extrusión por el que deberá pasar el chocolate, es el depósito inferior. En este punto del diseño se debió pensar exhaustivamente como diseñar su parte más inferior, el extremo inferior por donde va a salir el chocolate. Típicamente en las impresoras 3D de plástico es allí donde se encontraría el extrusor. Como ya se ha estudiado y analizado en el apartado 6.2, se ha descartado la presencia de un extrusor como tal.

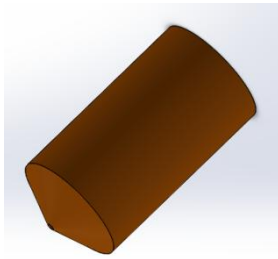
La solución que se ha tomado es, siempre teniendo en cuenta que el objetivo final es mecanizar este prototipo y, por lo tanto, el depósito inferior va ser de acero inoxidable, ha sido hacer un agujero en el extremo inferior de dicho depósito con un diámetro acorde al diámetro que se desearía en un hipotético extrusor. Así, el depósito inferior hace las funciones tanto de depósito como de extrusor. Además, tal y como se detallará en el apartado 7.6.3, se colocará una resistencia para evitar así tanto una posible solidificación de chocolate (al ser una sección muy pequeña), como para evitar una pérdida de temperatura.

Para decidir el diámetro del depósito/extrusor se hizo una hipótesis inicial, y a partir de ahí mediante las pruebas que se hicieron se terminó encontrando el deseado. Primeramente se hizo una prueba de impresión con un diámetro de salida de 10mm. Se escogió un valor elevado para si era necesario poderlo ir disminuyendo según lo requerido. La primera prueba distó mucho de los resultados esperados, el flujo de chocolate era excesivamente alto.

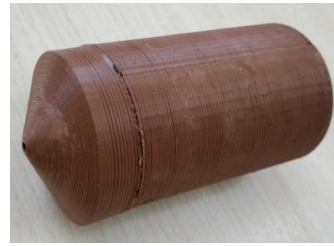
Se corrigió el diámetro y se volvió a probar otra impresión, esta vez con un diámetro de 7mm. A pesar de conseguir una impresión aceptable, se consideró que con un valor más pequeño se conseguirían mejores resultados. Así que se modificó de nuevo el diámetro, esta vez dándole un valor de 4mm. La impresión conseguida fue realmente buena, consiguiendo un perfil como el que se buscaba. Así que este valor de diámetro fue el escogido.

En las figuras 53 y 54 que se muestran a continuación puede verse la pieza que se acaba de analizar.



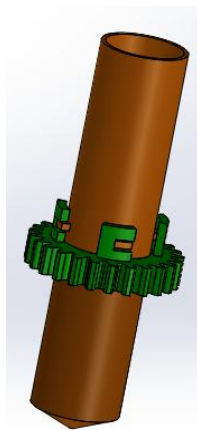


**Figura 53:** depósito inferior CAD

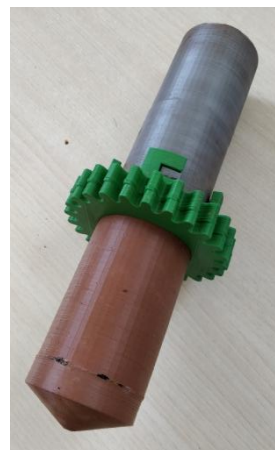


**Figura 54:** depósito inferior

A continuación en las figuras 55 y 56 se muestra un ensamblaje de todas las piezas expuestas hasta el momento.



**Figura 55:** sistema extrusión CAD

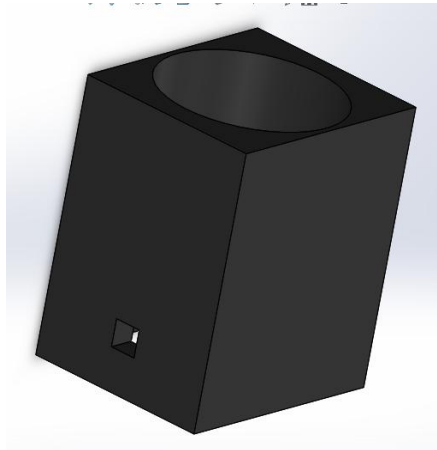


**Figura 56:** sistema extrusión

Los componentes que integran todo el sistema encargado de llevar a cabo la impresión de chocolate, desde la deposición del chocolate en el depósito superior hasta su salida por el depósito inferior, son los que se acaban de describir.

Aun así, en la realización de pruebas previas a la impresión con chocolate, se observó que al colocar el sistema de extrusión en el carro del eje X, en determinados movimientos no había toda la estabilidad deseada. Por ello se diseñó un último elemento con la función de unir el carro de movimiento en el eje X, con el sistema de extrusión. Puede apreciarse en las figuras 57 y 58.



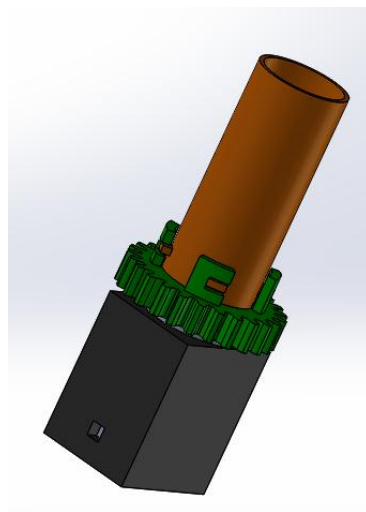


**Figura 57:** soporte depósito inferior CAD



**Figura 58:** soporte depósito inferior

En las figuras 59 y 60 se puede observar el ensamblaje de la pieza que se acaba de mostrar con todo el sistema de extrusión ya mencionado.

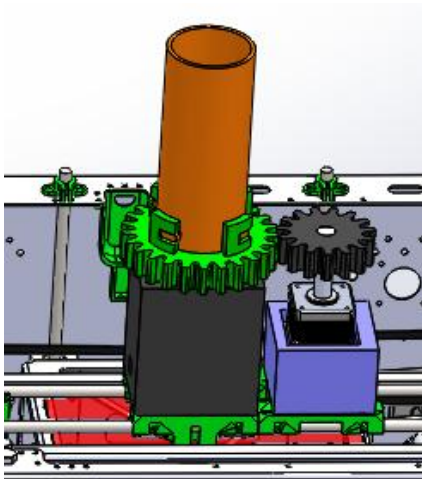


**Figura 59:** sistema extrusión con soporte CAD

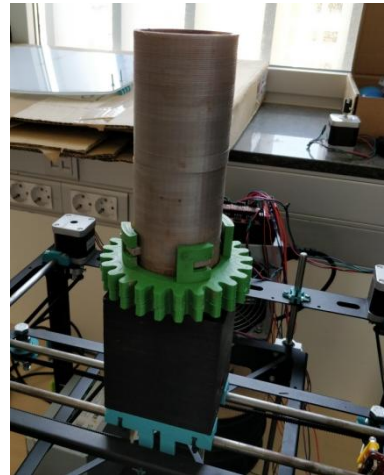


**Figura 60:** sistema extrusión con soporte

Por último, en las figuras 61 y 62 se muestra el ensamblaje final de todas las piezas mencionadas anteriormente con el carro correspondiente al movimiento X de la impresora. La unión de la pieza que acabamos de mencionar con el carro X se dará con dos bridas a través de la dos ranuras laterales de las que dispone dicha pieza.



**Figura 61:** sistema extrusión en impresora CAD



**Figura 62:** sistema extrusión en impresora

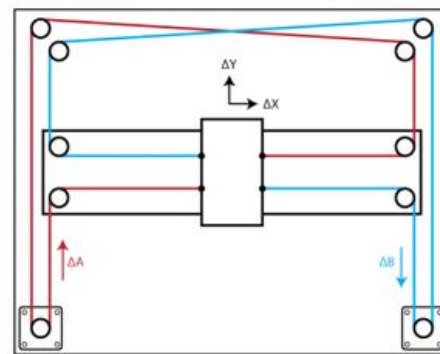
### 7.6.2. Sistema de transmisión de movimiento

En este punto del proyecto, es necesario diferenciar la transmisión de movimiento en dos puntos distintos.

En primer lugar el sistema de movimiento propio de la impresora 3D. El utilizado en el caso en estudio, es conocido como Core XY. Por qué esta elección? Como se ha descrito de ver en el último apartado, el sistema de extrusión e impresión que se quiere adoptar es voluminoso y relativamente pesado, con lo cual se determinó que la mejor opción era limitar su movimiento en alguno de los ejes. Con la tecnología Core XY lo que se consigue es que a través de un sistema de poleas y correa dentada, sea el extrusor el que se mueve en los ejes X e Y, y la cama la que se mueve en el eje Z.

Por lo tanto, al estar el sistema conectado a la impresora a través de un carro sujeto a la parte superior de la estructura, tan solo se moverá en los ejes X e Y. Al limitar su movimiento en el eje Z, se ahorran movimientos y vibraciones no deseadas que derivarían en una mayor descalibración de la impresora y en un acabo de impresión de calidad inferior.

A continuación en la figura 63 se adjunta una foto explicativa de la tecnología Core XY de la impresora desarrollada.



Equations of Motion:

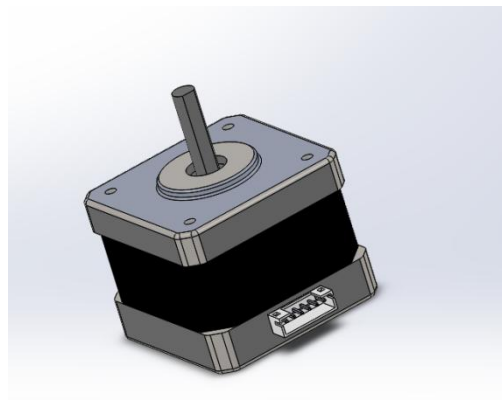
$$\Delta X = \frac{1}{2}(\Delta A + \Delta B), \quad \Delta Y = \frac{1}{2}(\Delta A - \Delta B)$$

$$\Delta A = \Delta X + \Delta Y, \quad \Delta B = \Delta X - \Delta Y$$

**Figura 63:** esquemático tecnología Core XY

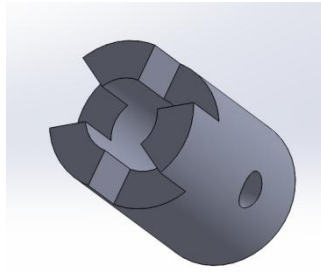
En segundo lugar, se hablará del sistema de transmisión inherente al sistema de extrusión del diseño desarrollado.

Por un lado, se tiene un motor eléctrico (mostrado en la figura 64) que será el que transmitirá el movimiento transformando la energía eléctrica que recibe en movimiento mecánico en su eje.



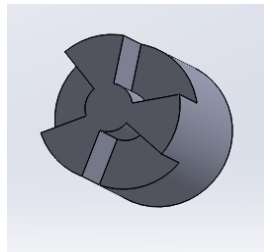
**Figura 64:** motor eléctrico CAD

A continuación, se encuentra la pieza de unión que se puede observar en la figura 65 mostrada a continuación. Su función es quedar unida al eje del motor eléctrico a través del agujero que se puede apreciar observar en su interior y de dos agujeros laterales que se atornillarán mediante un tornillo. Por último, gracias al diseño que puede observarse en su parte superior, quedará unida a la pieza de unión con la que encajará mecánicamente, que será descrita a continuación.



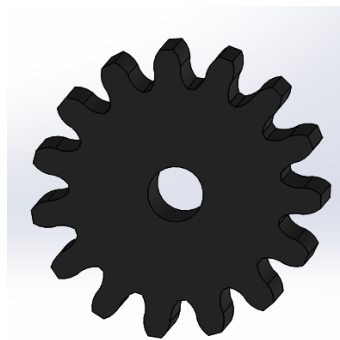
**Figura 65:** pieza unión motor eléctrico CAD

Esta pieza de unión que puede observarse en la figura 66, va directamente unida a la interior mediante el diseño de las pestañas circulares y del cilindro que va unido a ellas, que encajarán justo en el espacio habilitado mediante el diseño en la pieza de unión anterior.



**Figura 66:** pieza unión engranaje CAD

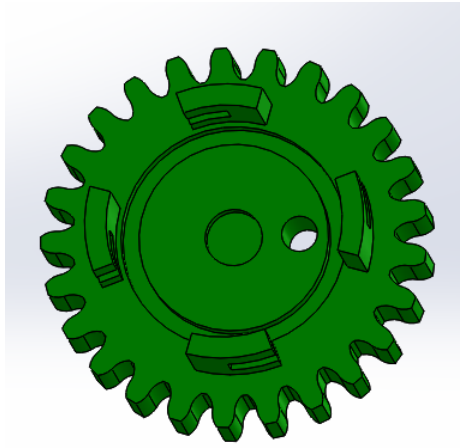
El engranaje de la figura 67 será en el que irá unido la pieza que se acaba de mencionar.



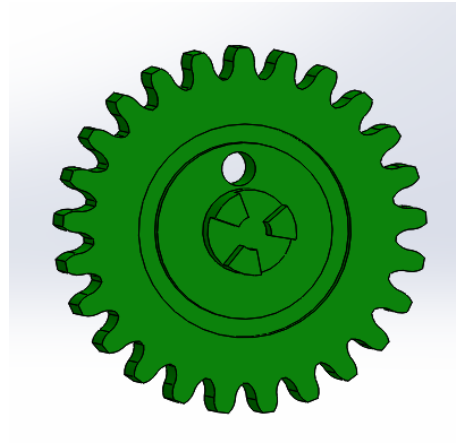
**Figura 67:** engranaje CAD

Por último, se presenta una pieza ya descrita con anterioridad. Es el engranaje central del sistema de impresión. Dicho engranaje será el que girará debido al movimiento del engranaje descrito en la

parte superior. Este engranaje como bien se ha dicho será el que dará movimiento finalmente al tornillo sin fin el cual gira solidariamente a él. Puede observarse en las figuras 68 y 69.

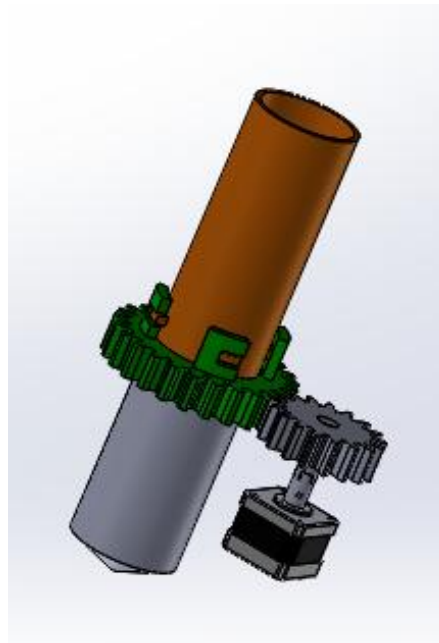


**Figura 68:** pieza unión vista superior CAD



**Figura 69:** pieza unión vista superior CAD

Por último, en la figura 70 puede apreciarse el conjunto de todos los elementos descritos anteriormente.



**Figura 70:** sistema extrusión y transmisión de movimiento sin soportes CAD

### 7.6.3. Pérdidas de temperatura

Tal y como se ha analizado durante el apartado 6.5, es probable la pérdida de temperaturas, y más concretamente en el apartado 6.5.3, que estas se produzcan por el paso del chocolate a través del depósito inferior.

Dado que en este caso el depósito inferior es la única parte del sistema extrusor que no tendrá movimiento circular sobre él mismo, se ha usado una resistencia de silicona en forma de tubo.

De modo que se ha recubierto el depósito externamente con dicha resistencia con el fin de mantenerlo a la temperatura deseada. Dicha resistencia se controlará electrónicamente con el sistema electrónico de control presentado en el apartado 7.4.1.

En la figura 71 puede observarse la resistencia usada.



**Figura 71:** resistencia flexible RFSS

(<http://elementoscalefactores.com/productos-es/rfss-12-volts.htm>)

Destacar que esta decisión no se ha tomado con el fin de calentar (se podría perder el proceso de templado), sino con el fin de mantener a la misma temperatura. Una vez más, reiterar que dicha decisión tendrá mucha más importancia cuando las piezas del sistema de extrusión hayan sido fabricadas con acero inoxidable.

### 7.6.4. Sistema de refrigeración

En términos de impresión 3D de chocolate, y como ya se ha comentado anteriormente, uno de los inconvenientes principales es la solidificación del chocolate. Es por ello que ha sido trascendental en el diseño de la impresora 3D la confección de un sistema de refrigeración.

Se ha creído necesario diferenciar tres aspectos en el sistema de refrigeración de la impresora.

1. Cama refrigerada: a diferencia de las camas utilizadas habitualmente en impresión 3D de plásticos, la de esta impresora no va a ser una cama conectada a una resistencia para conseguir una temperatura elevada (suelen trabajar a unos 50°C). La solución adoptada para la cama ha sido la elección de una cama hecha de mármol.

Dicha elección se ha basado en que el mármol es el material principal con el que se trabaja con el chocolate en repostería. En primer lugar, porque es un material que mantiene muy bien la temperatura, típicamente se almacena durante un cierto tiempo en una cámara frigorífica para después trabajar sobre él con el chocolate. En segundo lugar, es una superficie óptima ya que no es nada porosa. Por último, el precio que resulta de dicha elección es muy económico, como podrá observarse en el presupuesto final.

Las dimensiones de nuestra cama serán 200x200x10 mm.

2. Ambiente controlado: dicha característica es acorde a la idea inicial de que el ambiente donde se va a realizar la impresión sea un espacio cerrado. De esta forma, aunque no siempre la impresión se realice en el mismo sitio, gracias al sensor de temperatura se podrá controlar que la temperatura ambiente del recinto de la impresora siempre esté controlada.
3. Material refrigerante: en este caso gas ininflamable hfg134a. El refrigerante que se utilizará será un refrigerante almacenado presurizado, que al usarlo mediante el pulsador proporciona un enfriamiento casi instantáneo de productos como el chocolate o el azúcar, ideal en este caso. El recipiente usado tiene un volumen de 650ml (400ml netos).

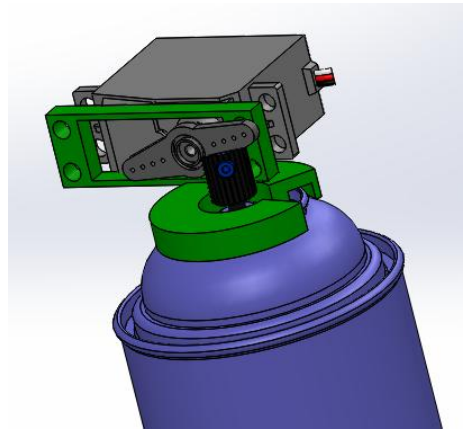
Se han diseñado dos sistemas para poder trabajar con el sistema de refrigeración que se acaba de exponer: uno mecánico y otro electrónico.

La parte electrónica que controla dicho circuito es el sistema electrónico de control descrito en el apartado 7.4.1.

La parte mecánica consiste en una serie de elementos diseñados con el fin de crear un sistema que a través del movimiento del servomotor active el pulsador del refrigerante, almacenado en un recipiente presurizado. A continuación en la figura 72 puede apreciarse dicho sistema (además de su diseño en CAD en la figura 73). El diseño de los componentes se ha realizando con el objetivo de optimizar el espacio dentro de la impresora y utilizando los elementos ya presentes. Así que se han acoplado dos elementos, uno en el recipiente presurizado y otro en el servomotor, y se han ensamblado mediante cuatro tornillos.



**Figura 72:** sistema refrigeración  
(<https://www.thingiverse.com/thing:1496622>)



**Figura 73:** sistema refrigeración CAD

#### 7.6.5. Cama impresión

Brevemente nos gustaría mencionar el aspecto de la cama de impresión. Si bien es cierto que ya se ha explicado con anterioridad que a diferencia de las impresoras 3D de plástico no utilizamos una cama caliente, sino que utilizamos una pieza de mármol que previamente habrá estado en una cámara frigorífica, hay otro aspecto a destacar.

Con la finalidad de conseguir el mejor acabado posible en nuestra impresión, con lo que respecta al hecho de trabajar con chocolate como materia prima, se ha decidido colocar encima de nuestra pieza de mármol un elemento conocido en repostería como "papel de guitarra". Son en realidad hojas de polietileno transparente, pensadas especialmente para trabajar en repostería. Las hojas son de dimensiones superiores a las de nuestra cama, así que se puede ajustar sin ningún inconveniente.

Su función es dar un acabado más brillante al chocolate e impedir una mayor adherencia con la superficie de mármol.

#### 7.6.6. Sistema de alimentación

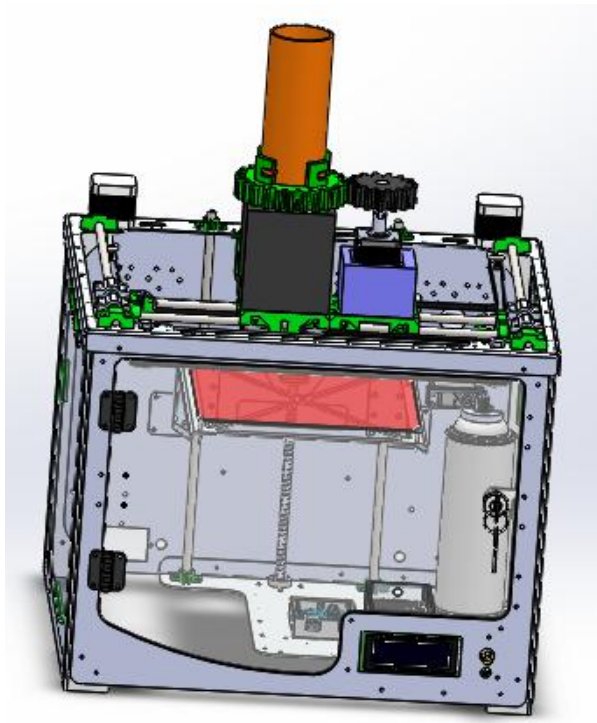
El sistema de alimentación utilizado en la impresora Xoco Printer han sido dos fuentes de alimentación iguales entre ellas 3GO PS580S, de 580w y 12V, y un ventilador para su propia refrigeración.



### **7.6.7. Xoco Printer**

Todos los elementos y sistemas explicados con anterioridad han sido indispensables para la construcción del prototipo de una impresora 3D capaz de imprimir piezas de chocolate.

A continuación en la figura 74 puede observarse el diseño en CAD, mediante el software Solidworks, el ensamblaje de la Xoco Printer. En él pueden observarse todas las piezas y elementos integrantes de la impresora de este proyecto, todos ellos ya analizados con anterioridad en esta memoria.



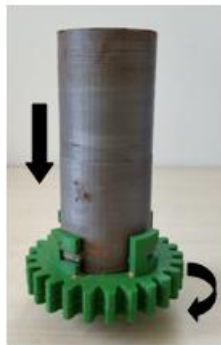
**Figura 74:** impresora Xoco Printer CAD

## 8. Proceso de montaje y ensamblaje

En este apartado se detallará el proceso de montaje y ensamblaje del sistema de extrusión del chocolate. Como se podrá observar más adelante, en el anexo A1 se encuentran las instrucciones del montaje de la parte estructural de la impresora.

Se empezará por la parte superior, hasta llegar a la inferior.

Paso 1, mostrado en la figura 75. Unión del depósito superior a la pieza de unión. Dicha unión se hace mediante unas pestañas que encajan al girar ambas piezas. La pieza de unión tiene una ranura en su parte superior para un mejor encaje con el depósito superior.



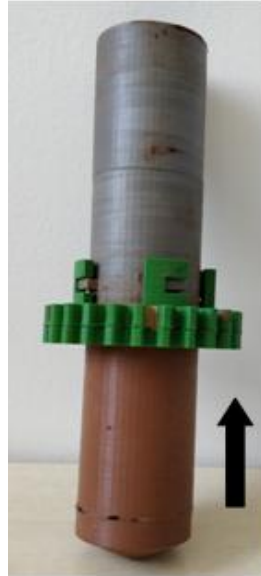
**Figura 75:** montaje depósito superior y pieza unión

Paso 2, mostrado en la figura 76. Partiendo de los elementos juntados en el paso anterior, encajar la parte inferior de la pieza de unión con el tornillo sin fin. Dicha unión puede hacerse mediante el diseño de encaje mecánico de ambos elementos, explicado detalladamente en el apartado 7.6.1.



**Figura 76:** montaje depósito superior, pieza unión y tornillo sin fin

Paso 3, mostrado en la figura 77. Se trata únicamente de encajar el depósito inferior en la ranura de la parte inferior de la pieza de unión. Al no estar unidas mecánicamente, el depósito superior, la pieza de unión y el tornillo sin fin girarán simultáneamente, pero el depósito inferior no.



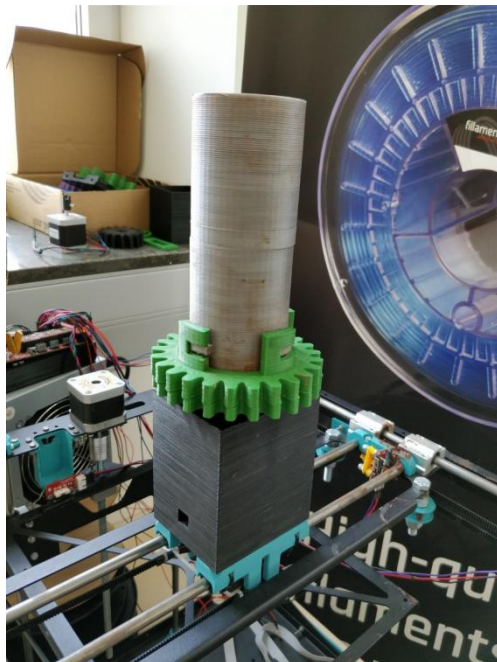
**Figura 77:** montaje sistema de extrusión

Paso 4, mostrado en la figura 78. Encaje del sistema de extrusión con el soporte que irá sujetado posteriormente al carro X.



**Figura 78:** montaje sistema de extrusión con soporte

Paso 5, mostrado en la figura 79. Unión de todos los elementos anteriores ya encajados entre ellos, con el carro X de la impresora. Dicha unión se hace mediante bridas en las ranuras del soporte inferior.

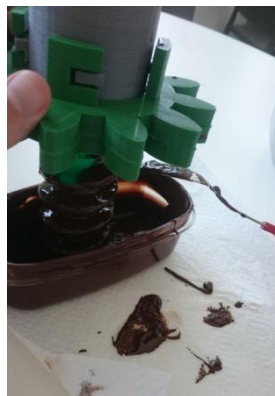


**Figura 79:** montaje sistema de extrusión en impresora

## 9. Puesta en marcha de la impresora

En este apartado se presentará analíticamente y a través de imágenes, las pruebas de validación que se realizaron una vez construida la impresora desarrollada a lo largo de este proyecto. En algunas de las figuras adjuntadas podrán verse fotografía del sistema extrusión con algunas piezas no con el último diseño que se les hizo, ya que la realización de dichas pruebas hizo evidente la necesidad de la modificación de algunas de ellas.

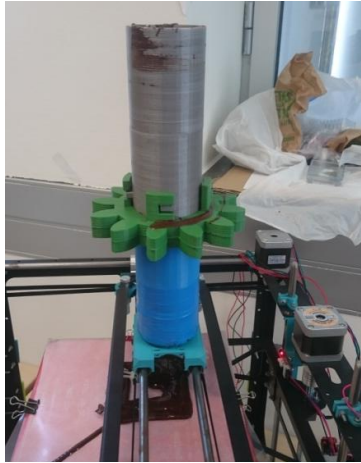
En la figura 80 se puede observar la primera prueba de impresión con chocolate que se hizo. Como puede verse, el chocolate se obstruyó entre la pieza de unión y el tornillo sin fin, por lo que se tuvo que modificar el diseño de ambas piezas.



**Figura 80:** prueba de impresión

En la siguiente prueba que se hizo, como puede observarse en la figura 81, se consiguió extruir chocolate y que el sistema imprimiera correctamente el perfil de la figura deseada. Aún así, la solidificación del chocolate no se consiguió como se deseaba. Además, el grosor del flujo de chocolate impreso se consideró podía reducirse para una mejor impresión.

El diámetro de salida de la primera impresión fue de 10mm, para posteriormente reducirlo hasta 6mm. En términos de solidificación, en esta prueba de impresión no se usó el refrigerante. Ambas mejoras fueron implantadas en la siguiente impresión.



**Figura 81:** primera impresión

En la figura 82 se puede apreciar un detalle de la impresión descrita con anterioridad.



**Figura 82:** detalle primera impresión

Finalmente, como se observa en las figuras 83, 84 y 85 adjuntadas, puede apreciarse el resultado de la impresión con el sistema de extrusión definitivo y el uso del refrigerante. Si bien el diámetro de salida del depósito inferior en la anterior prueba había sido de 6mm, en este caso su valor fue de 4mm.

Además, a diferencia de las impresiones anteriores, en este caso se hizo uso tanto de la cama de mármol refrigerada como las hojas de polietileno transparente, justificado en el apartado 7.6.5.

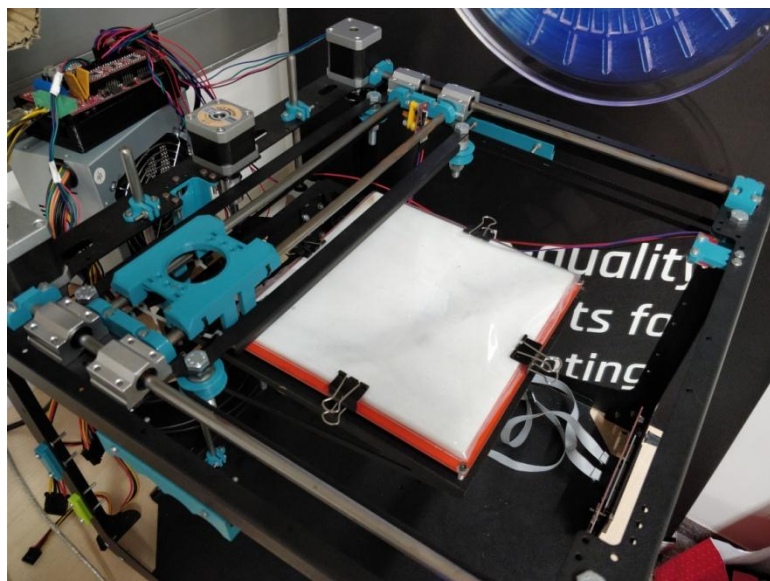


Figura 83: preparación última impresión

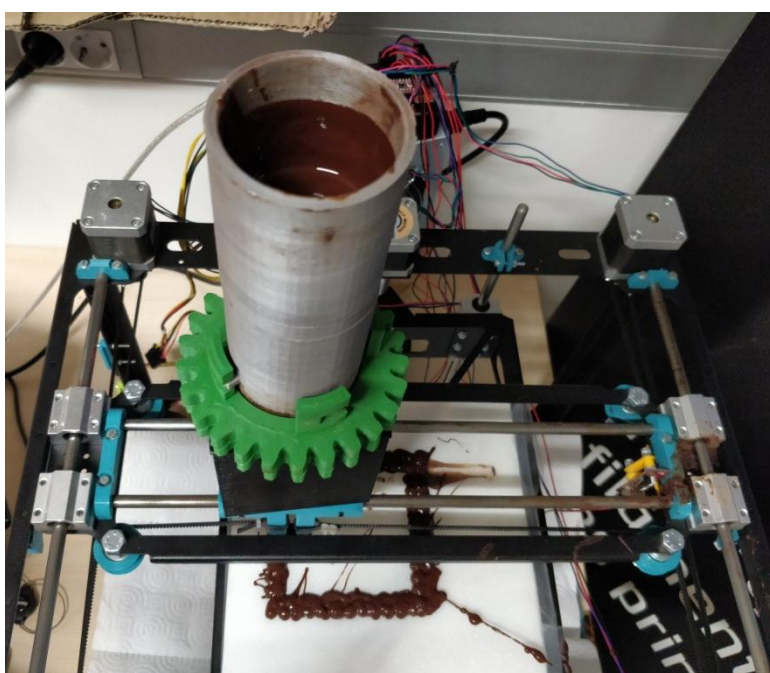
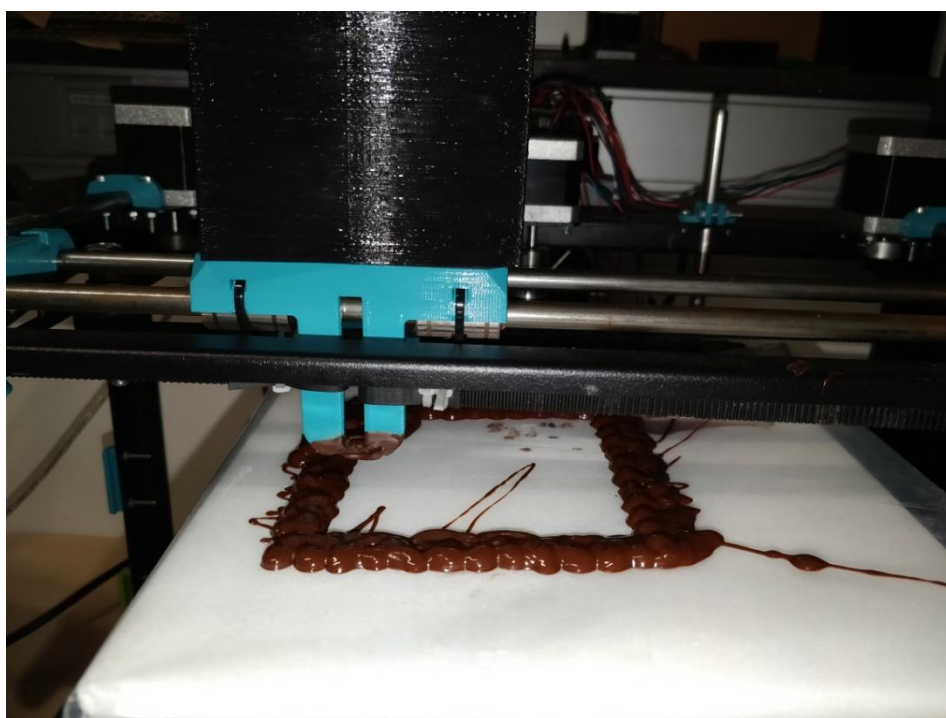


Figura 84: última impresión





**Figura 85:** detalle última impresión



## 10. Acciones futuras y posibles mejoras

Con el objetivo de optimizar el prototipo construido antes de pasar a su fabricación con los materiales y las restricciones de diseño que se han previsto y controlado a lo largo de este proyecto, se proponen los siguientes trabajos futuros:

1. Reducción del tamaño del prototipo diseñado, mediante el rediseño de piezas para que sean más sencillas de mecanizar; siendo posible también sustituir los engranajes de la pieza de unión y el engranaje que le transmite el movimiento, por un sistema de transmisión por correa dentada.
2. Debe reconsiderarse el sistema de enfriamiento del chocolate para una óptima unión entre capas, esto será de gran utilidad para no derramar parte de dicho chocolate desde la parte superior de la pieza.
3. Adaptar el sistema de extrusión para que alguno de sus elementos puedan escogerse como elementos normalizados, entre ellos el engranaje que transmite el movimiento a la pieza de unión.
4. El chocolate es un material que, a pesar de hacerle el proceso de templado, varía sus propiedades en gran medida. Para ello, se propone ensayar con el fin de determinar viscosidad, densidad y otras propiedades del chocolate una vez templado.
5. Creación o adaptación de un software (asemejado al Simplify 3D), donde poder introducir características para una impresión con chocolate.
6. Como elemento calefactor del depósito inferior, usar una manta térmica en vez de resistencia tubular de silicona. Se ocuparía de este modo más superficie.
7. Si en un futuro se decide implementar el prototipo actual en otro con el material definitivo, debería presupuestarse también el proceso de mecanizado de dichos elementos, los del sistema de extrusión. El material ideal a usar sería acero inoxidable, y el acabado debería discutirse y decidir en dicho momento.
8. Por último, y como importante acción a realizar en la mejora de este proyecto, unión del prototipo de impresora de chocolate con una máquina templadora de chocolate. El sistema de extrusión ya se ha diseñado pensando en ello.

## 11. Análisis del impacto ambiental

En este último capítulo previo a las conclusiones, se hará un análisis sintetizado del impacto ambiental que supone la fabricación y el funcionamiento de la impresora 3D diseñada.

### 11.1. Impacto ambiental de los componentes de la impresora

#### 11.1.1. Componentes mecánicos

En este punto se deberán tratar los elementos mecánicos por separado, ya que algunos de ellos son de distinto material.

Por un lado los componentes que forman la estructura de la impresora, son todos ellos de acero al carbono. Es un material reciclable y reutilizable, con lo cual el impacto ambiental es mínimo.

Por otro lado, aquellos elementos propios de la impresora hechos con otras impresoras 3D, todos han sido fabricados de PLA. De igual forma que los primeros elementos ya mencionados, es un material reciclable y reutilizable. Además, podría incluso utilizarse una recicladora de filamento de impresoras 3D para un menor impacto de los mismos.

#### 11.1.2. Componentes electrónicos

Por lo que respecta a los componentes electrónicos, se tienen los propios de la impresora 3D y además los del sistema de refrigeración. Todos ellos están regidos por la directiva RoHS, detallada en el apartado 4 de esta memoria.

### 11.2. Impacto ambiental del chocolate

Por último, hay que tener en cuenta el impacto ambiental que representa el material con el que va a imprimir la impresora 3D: el chocolate.

La primera consideración radica en que el material usado no requiere una gran cantidad de electricidad para hacer impresión con él y no genera ningún tipo de residuo. Además, es un material reutilizable. Si se quisiera reutilizar el material, lo único que sería necesario sería volver a llevar a cabo el proceso de templado.

## Conclusiones

Habiéndose finalizado el diseño y construcción del prototipo, y tras la realización de las pruebas de impresión previstas, se presentan las siguientes conclusiones:

1. Se ha realizado con éxito el diseño de un sistema de extrusión funcional exclusivo para la impresora de referencia.
2. El sistema de refrigeración con el que se pretendería trabajar durante la impresión, diseñado y controlado electrónicamente a través de un sistema electrónico de control secundario, ha resultado operativo.
3. Durante el proceso de diseño, tanto del sistema de extrusión como los sistemas secundarios, han conseguido cumplir con aquellos criterios generales y técnicos establecidos en los objetivos de este estudio.
4. Las pruebas de validación han permitido demostrar que es posible imprimir chocolate mediante el método de superposición de capas. A pesar de ello, no ha sido posible optimizar el sistema de refrigeración de dichas capas.
5. Ha sido posible diseñar y fabricar un prototipo de bajo coste siendo, en esta fase del proyecto, el subtotal de los costes de ingeniería la parte más elevada de todas las partidas consideradas.

Con los resultados obtenidos a lo largo de la realización de este proyecto, se concluye que se han alcanzado los objetivos de diseño del prototipo propuestos inicialmente, teniendo aún así un gran margen de mejora para acciones futuras.



## Presupuesto

En el presente apartado se incluirá el presupuesto de este proyecto. Para un mayor análisis detallado primeramente se mostrará el valor total y posteriormente será desglosado y agrupado por conceptos.

Creemos que es de capital importancia el estudio económico de un proyecto para tener la capacidad de valorar más exhaustivamente el desarrollo del mismo.

Subtotal	Precio [€]
Costes ingeniería	6.751,80
Costes impresora	189,40
Costes materiales	324,41
<b>Total</b>	<b>7.265,61 €</b>

## Costes ingeniería

Seguidamente se detallará el coste que ha representado la realización de dicho proyecto teniendo en cuenta los costes de ingeniería, es decir, teniendo en cuenta la carga de trabajo horario de quienes lo han realizado.

Se tendrán como referencia datos del año 2016 y las fuentes de donde se han obtenido están citadas en la bibliografía.

El sueldo medio de un Ingeniero Junior en España, más concretamente en Cataluña, durante el año 2016 fue de 22.500€ brutos anuales. Repartiendo esos 22.500€ en 12 pagas, nos resulta un sueldo mensual de  $22500/12=1.875\text{€}$ .

Primeramente tenemos en cuenta que en España durante el 2016 hubo una media de 21 días laborables al mes. En segundo lugar, consideramos un trabajo a jornada completa, de 8h al día cada día de la semana. Por lo tanto, haciendo el producto de horas diarias trabajadas y días laborables al final de mes, obtendremos el número de horas trabajadas a final de mes.  $8 \cdot 21 = 168\text{h}$ .

Dividimos el sueldo mensual con las horas trabajadas al mes y obtendremos el precio por hora.  $1875/160=11'16\text{€/h}$ .

A continuación mostramos el precio que ha representado este proyecto a nivel de costes de ingeniería.

Costes de ingeniería	Precio [€]
Número de trabajadores	1
Horas trabajadas	500
Precio por hora	11,16
Precio subtotal sin IVA	5.580 €
IVA (21%)	1.171,80 €
<b>Precio subtotal</b>	<b>6.751,80 €</b>

### Costes impresora

En este desglose tendremos en cuenta el coste únicamente de la estructura de la impresora y de las piezas impresas en 3D que forman parte indispensable de ella.

Costes impresora		
Elemento	Proveedor	Precio [€]
Estructura	Boloberry Technologies	169,40
Elementos 3D	Boloberry Technologies	20
Precio subtotal		189,40 €

### Costes materiales

Si en el desglose anterior hemos querido tratar parte del presupuesto que representa la fabricación de nuestra impresora 3D, ahora vamos a desglosar la parte restante. Dicha parte está constituida por todos aquellos elementos que forman nuestra impresora pero no mencionados con anterioridad, ya que hemos querido distinguirlos.

Podremos observar desde elementos que forman parte de la impresora como mecánicos y eléctricos hasta electrónicos, así como cierta instrumentación que nos ha sido imprescindible para su desarrollo. Es claramente el desglose con más elementos. El precio de todos ellos es con el IVA incluido.

Costes materiales				
Elemento	Proveedor	Cantidad	Precio unitario [€]	Precio [€]
Cama de mármol (200x200x10 mm)	Mármoles Hijos Sánchez Cañadas	1	7	7
Servomotor Futaba S3003 AR-3603HB	Ondaradio	1	15,246	15,25
Rohs precisión centigrade temperat.sensor (0 to 100c) to-92	Ondaradio	6	1,4399	8,64
Rohs conector hembra cable plano doble fila 10 pin	Ondaradio	8	0,8373	6,70
Rohs (metro) cable plano gris 10c paso 1'27mm 10 vías	Ondaradio	1	5,6812	5,68
Rodamiento lineal SCU 8mm W	Boloberry Technologies	4	3,99	15,96
Correa transmisión GT2 6mmx1m	Boloberry Technologies	3	5,45	16,35



Termómetro sonda Lacor	Culinarium	1	14,15	14,15
Tesa-Flex Tesa 53948 20x19mm	Pinmat	1	1,936	1,94
Cinta teflon 5mm	Pinmat	1	0,5929	0,60
Adhesivo Super Glue-3 3gr	Pinmat	2	4,95	9,90
Frio Decogel Spray B/650ml	Solegraells	1	20,61	20,61
Driver motor puente h l298	Diotronic	1	18,03	18,03
Redondo calibrado f/1-8 tall	Ferros Bosch	8	0,62625	5,01
Lengueta roja 6.3x0.8mm macho	Diotronic	6	0,121	0,73
Term.macho preaisla.6.3mm amar	Diotronic	4	0,1694	0,68
Arduino uno a000066 eval atmega328p 8bit uno rv3	Ondaradio	1	18,4041	18,40
Rohs tira 36p paso 2,54mm ap- 36	Ondaradio	1	1,7666	1,77
Rohs tira poste c.i macho 40 pin paso 1'27 1 fila torne	Ondaradio	1	2,6136	2,61
Rohs bls/10 cables para modulos board 10 colores 30cm m-h	Ondaradio	1	3,1702	3,17
Pack 5 resistencias 300 ohms	Diotronic	5	0,08	0,40
Pot. Ajust. 25vuel. Ver. 10 ohm	Diotronic	1	0,65	0,65
Trans si-npn 75v 0.8a to18	Diotronic	5	0,45	2,25
069563 rele 12v 2a 2cc pcb	Diotronic	1	3,59	3,59

Avr arduino uno rev 3	Diotronic	1	20,57	20,57
Display lcd cuadrados UNLCD21655	Diotronic	1	14,19	14,19
Driver pololu A4988	Diotronic	4	6,03	24,12
Fuente alimentación 580w Ps580S	EEBE-Fablab (aportación)	1	20,56	20,56
Wantai stepper motor 42BYGHW811	EEBE-Fablab (aportación)	3	7,66	22,98
Cable USB Tipo A-B para Arduino UNO o MEGA	EEBE-Fablab (aportación)	1	2,49	2,49
LCD RepRapDiscount Smart Controller 2004 LCD	EEBE-Fablab (aportación)	1	14,52	14,52
Mech endstop v1.2	EEBE-Fablab (aportación)	3	2,32	6,96
Mini interruptor 1C2P PCB	Diotronic	3	2,22	6,66
105784 Rele 12V 10A 1CC	Diotronic	1	1,88	1,88
Resistencia 10 kΩ	Diotronic	5	0,05	0,25
Tornillo M3 10mm	Ferreteria Blanquer	30	0,02	0,60
Tornillo M3 20mm	Ferreteria Blanquer	30	0,03	0,90
Tornillo M4 10mm	Ferreteria Blanquer	30	0,03	0,90
Tornillo M4 20mm	Ferreteria Blanquer	30	0,04	1,20
Tornillo M5 10mm	Ferreteria Blanquer	10	0,04	0,40
Tornillo M5 20mm	Ferreteria Blanquer	10	0,05	0,50
Tornillo M8 50mm	Ferreteria Blanquer	6	0,07	0,42

Arandela M3	Ferreteria Blanquer	30	0,01	0,30
Arandela M4	Ferreteria Blanquer	30	0,02	0,60
Arandela M5	Ferreteria Blanquer	10	0,03	0,30
Arandela M8	Ferreteria Blanquer	12	0,06	0,72
Tuerca M3	Ferreteria Blanquer	30	0,02	0,60
Tuerca M4	Ferreteria Blanquer	30	0,03	0,90
Tuerca M5	Ferreteria Blanquer	10	0,04	0,40
Tuerca M8	Ferreteria Blanquer	6	0,07	0,42
<b>Precio subtotal</b>				<b>324,41 €</b>

## Bibliografía

G. Richard, 2008, Diseño en ingeniería mecánica, 8ª edición, México, pág. 309-315, Mc Graw Hill.

Alejandro González Licon, Spray paint, 1 de Noviembre de 2016, Grabcad Community, <https://grabcad.com/library/spray-paint-1>

Alexey, Box for arduino, 13 de Setiembre de 2017, Grabcad Community 2560 <https://grabcad.com/library/box-for-arduino-2560-1>

Antonio Domínguez Laita, Impresoras 3D, 25 de Octubre de 2013, Impresoras3DBlog, <https://impresoras3dblog.wordpress.com/2013/10/25/1-electronica/>

Artículos de nitrógeno, Inno Gourmet, <https://www.innogourmet.es/maquinaria-cocina/articulos-nitrogeno>

Calentadores de bidones, Elementos calefactores SA, [http://www.elementoscalefactores.com/aplicaciones-es/calentadores-bidones-100L.htm?gclid=CjwKCAjw6ZLOBRALEiwAxzyCWxuZPbznCHgcSxiGya-2KMC3yiHpvrWSSOcYyfD8tW93RcsSKP2zeRoCXwAQAvD\\_BwE](http://www.elementoscalefactores.com/aplicaciones-es/calentadores-bidones-100L.htm?gclid=CjwKCAjw6ZLOBRALEiwAxzyCWxuZPbznCHgcSxiGya-2KMC3yiHpvrWSSOcYyfD8tW93RcsSKP2zeRoCXwAQAvD_BwE)

Evan, Spray Can Mount, 16 de Abril de 2016, Thingiverse <https://www.thingiverse.com/thing:1496622>

Globedia, Chef Jet impresora de alimentos en 3D, <http://es.globedia.com/chef-jet-impresora-alimentos>

Joel Frax, Impresora Frax 3D, Frax Design, <http://frax3d.com/productos/frax3d>

Miguel Espitia Castaño, Interpretación de Planos: representación gráfica de engranajes, 2 DE Noviembre de 2013, SlideShare, <https://es.slideshare.net/miguelespitiacastano/representacin-grfica-de-engranajes>

Noticias sobre impresión 3D, 25 de Enero de 2017, Imprimalia, <http://imprimalia3d.com/noticias/2017/01/25/008671/barry-callebaut-desarrolla-una-impresora-3d-chocolate>

Papel Guitarra, Dimoba suministros, <https://www.dimobasuministros.com/papel-guitarra-para-chocolate.html>

Proto&Go, Mecanizado de piezas plásticas y metálicas, I-MAS, <https://www.protoandgo.com/>

¿Qué es Open Source?, GPS Open Source, <https://www.gpsos.es/soluciones-open-source/definicion-de-open-source/>

Redacción Silicon, 04 de Diciembre de 2013, [http://www.silicon.es/impresion-3d-que-materiales-usar-y-donde-comprarlos-50135?inf\\_by=59d18ab6681db8ee108b490a](http://www.silicon.es/impresion-3d-que-materiales-usar-y-donde-comprarlos-50135?inf_by=59d18ab6681db8ee108b490a)

Salario ingeniero junior, JobTonic, <http://espana.jobtonic.es/salary/26526/74925.html>

Tom Burke, Arduino Uno Project Box, 2 de Noviembre de 2016, Grabcad Community <https://grabcad.com/library/arduino-uno-project-box-1>

Wikipedia, 27 de Diciembre de 2014, Silic3r, <http://reprap.org/wiki/Slic3r/es>



## **Anexo A**

A coninuación se mencionarán los anexos que pueden encontrarse en la presente memoria:

- Proceso de montaje de la estructura.
- Código Xoco Printer.
- Código sistema electrónico de control.
- Certificado de participación.

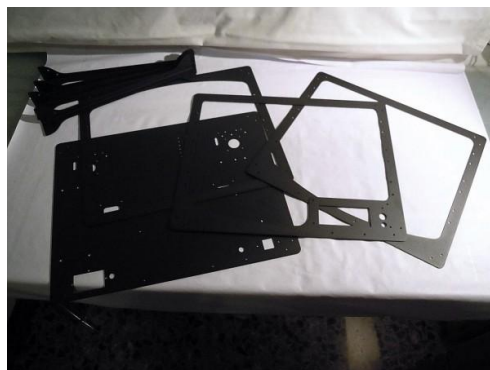
## A1. Proceso de montaje de la estructura

En este anexo se adjuntar las instrucciones del proceso de montaje de la estructura de la impresora. Dichas instrucciones fueron facilitadas durante la adquisición de la propia estructura, ya que como se ha dicho anteriormente se ha escogido como referencia base la impresora Frax 3d que existe actualmente, y por lo tanto la parte estructural es la misma.

<http://frax3d.com/guia-de-montaje-frax3d>

### 1. ESTRUCTURA PRINCIPAL

El primer paso para montar una Frax3D es preparar la estructura en la cual añadiremos el resto de piezas. Para esto cogeremos las 4 piezas de las esquinas, el frontal, la parte trasera y los 2 laterales.



Figura

Estas piezas se unen mediante 4 tornillos en cada una y utilizando las piezas que hacen de esquinas, pero de momento no pondremos el tornillo en el agujero situado más arriba puesto que este también sujetará la tapa de la impresora.





Figura

Montaremos esta tapa en un paso posterior.

\*Es aconsejable utilizar tuercas autoblocantes para asegurar que no se pierde el apriete con el tiempo. Estas tuercas llevan una arandela de goma por dentro que impide que las tuercas se aflojen. Si utilizamos tuercas de las estándar deberemos revisar que todas las conexiones sigan bien sujetas puesto que de lo contrario pueden aparecer vibraciones.

La forma de montar los 4 laterales es ir uniéndolos mediante las esquinas hasta conseguir un cuadrado. Las dos chapas de los laterales son iguales, pero una de los dos lo tenemos que poner de forma simétrica para asegurarnos que los agujeros de la parte de abajo estén más cerca de la parte posterior que el frontal.



Figura

Si lo montamos al revés no encajará el suelo donde irán la fuente de alimentación y la electrónica (Arduino con Ramps1.4).

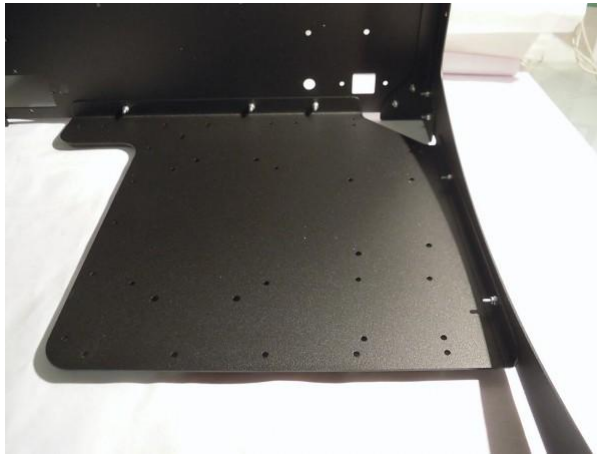
El resultado de montar esta estructura es el siguiente:



Figura

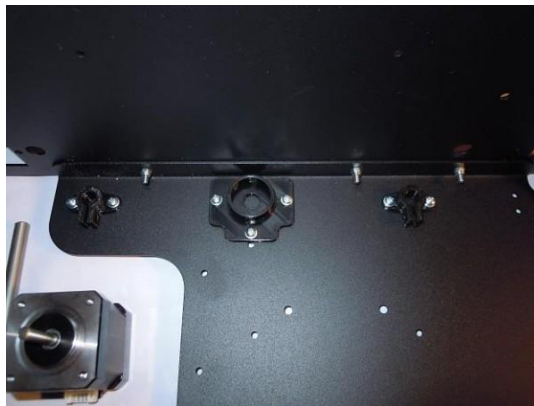
## 2. SUELO

La chapa del suelo va atornillada a la chapa posterior y al lateral derecho (si miramos la impresora desde el frontal). Tiene tres agujeros en la parte posterior y se une con unos colisos (elipses) al lateral. Que los agujeros tengan forma de elipse es para asegurar que el suelo siempre está haciendo tope con la parte posterior.



Figura

En esta chapa el suelo tenemos que fijarle las piezas de plástico que sujetarán las varillas del eje Z y el cojinete para el husillo. Para atornillar estas piezas debemos coger tornillos de métrica 3 pero que sean bastante cortos (menos de 10mm), esto es para evitar que los tornillos toquen al suelo en vez de tocar con las patas de la impresora.



Figura



Figura

Es aconsejable poner primero los tornillos que amarrarán la varilla en la pieza de plástico porque una vez están en posición resulta más incómodo atornillarlos.



Figura

\*Si no tenemos tornillos cortos podemos utilizar otros más largos poniendo la cabeza en la parte de abajo y arriba nos quedaría la tuerca. No resulta tan estético pero funciona igual de bien.

### 3. GUÍA PARA EL CARRO X

En esta chapa se apoyará el carro y estará unida mediante rodamientos lineales a la tapa.



Figura

Deberemos fijarle 4 tornillos de métrica 8 en los agujeros circulares situados a los córneres del rectángulo central. En cada uno de estos tornillos tendremos un cojinete para que se apoyen las correas. Estos cojinetes también deberán estar a diferentes niveles.



Figura

Para conseguir esta diferente altura utilizaremos arandelas, aunque otros métodos también pueden conseguir la misma función (como una pieza impresa con forma de tubo).

Entonces podemos poner los 4 soportes metálicos para los rodamientos lineales. Estos soportes se fijan a la chapa mediante 4 tornillos de métrica 4.

También debemos coger 2 varillas lisas de diámetro 8mm y ponerle dos cojinetes lineales en cada una (estos cojinetes serán para el carro donde irá el extrusor). Una vez tengamos los cojinetes podemos fijar las varillas a la chapa. Para esto utilizamos las piezas de plástico.



Figura



Figura

Es importante ver que en este caso, respecto la chapa, las varillas se apoyan en la parte superior mientras que los soportes para los rodamientos lineales están en la parte de abajo.

Puesto que la pieza de plástico que sujeta las varillas en la imagen anterior tenía problemas de rigidez y nos obligaba a poner los rodamientos por debajo. Existen otras versiones con piezas de plástico diferente que son más robustas y llevan los rodamientos por encima de la chapa.



Figura

Estas piezas de plástico tienen 2 agujeros donde irán tornillos de métrica 3. Estos tornillos deben ser largos para que sobresalga espacio suficiente por debajo para poder roscarlos con la tuerca.

Para esta versión las varillas deben ser suficientemente cortas para que encajen entre los soportes para los rodamientos pero que al mismo tiempo apoyen el máximo de trozo sobre la chapa.

\* Siempre que tengamos dos rodamientos alineados le pondremos primero una varilla que cruce a los dos antes de apretar los tornillos. Esto no sirve para garantizar que efectivamente están bien alineados y evitar fricción extra durante el funcionamiento.

#### 4. SOPORTE PARA LA BASE CALIENTE

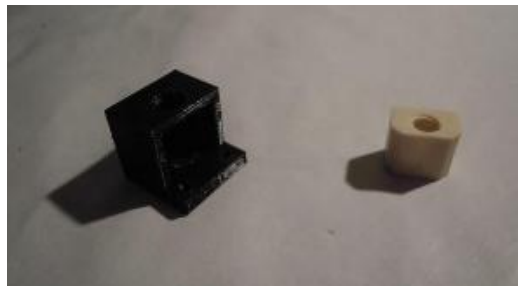
Una vez tenemos la pieza del suelo lista, podemos preparar la chapa que sujetara la cama caliente. En esta pieza le colocaremos 4 rodamientos lineales (2 a cada lado) y podemos empezar ya a montar la cama propiamente dicha.



Figura

La cama va sujeta con 4 tornillos de métrica 3 que llevan unos muelles. Encima de la cama caliente le pondremos un “cristal” para asegurar una superficie lisa para la primera capa de impresión. Es mejor montarla después porque si no tendremos que ir con mucho más cuidado durante el montaje para no dañar la cama caliente.

Antes de colocar las varillas y poner el soporte en posición debemos ponerle la pieza donde va a ir la guía del husillo. En este caso utilizamos una guía de precisión que pondremos dentro de una pieza de plástico impresa.



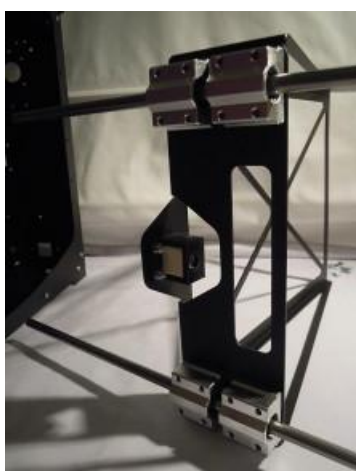
Figura





Figura

Dejaremos esta pieza lista para cuando tengamos la tapa de nuestra impresora lista.



Figura

## 5. TAPA

En la tapa de la Frax3D es donde irán los motores tanto del eje X como Y utilizando el sistema CoreXY. Es la parte más delicada de montar. El sistema CoreXY está formado por dos correas bastante largas (aproximadamente 1 metro cada una), pero antes de poder colocarlas tenemos que montar los soportes para estas.

Las correas se apoyan en los dos motores (sujetos a la Tapa), en unos tornillos de métrica 8 situados los agujeros más próximos al frontal que llevarán cojinetes y en el carro y la guía para el carro.

### Fijar los motores a la Tapa

Los motores se atornillan directamente a la chapa. Para poder fijarlos necesitamos unos tornillos de métrica 3 bastante cortos (dependerá de lo profundo que sean los agujeros roscados en los motores).



Figura

En el eje de los motores tendremos que poner las poleas para las 2 correas. Si las colocamos ahora será solo de forma temporal. Debemos tener en cuenta que las correas están a niveles diferentes para que no se toquen por lo que una polea estará más baja que la otra.

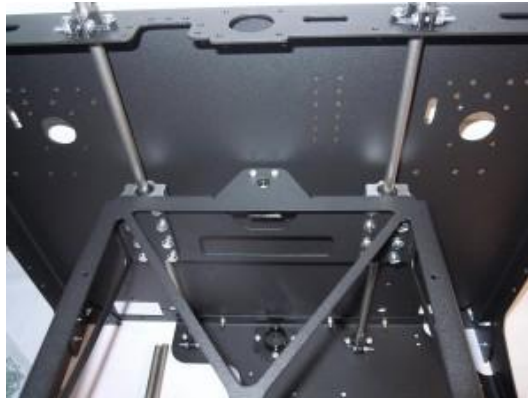
Instalar las varillas para la cama caliente

Antes de poder fijar la tapa debemos colocarle las piezas de plástico que sujetarán las varillas lisas. Estas piezas son las mismas que habíamos colocado en el suelo pero esta vez en la tapa.



Figura

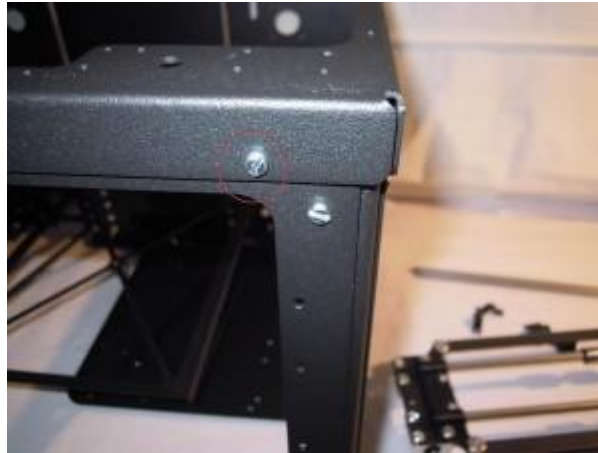
Entonces lo que debemos hacer es poner las dos varillas por los rodamientos que lleva el soporte para la cama caliente (puede que ya lo tengamos de antes), poner estas varillas en las piezas de plástico del suelo asegurándonos que se apoyen en la chapa del suelo, y finalmente pasar las varillas por los agujeros de la tapa (que llevarán estas dos piezas de plástico recién instaladas). Con esto deberíamos conseguir que las varillas se queden en posición vertical. Cuando tengamos esto ya podemos apretar los tornillos de las piezas de plástico (tanto de la base como de la tapa) para dejar las varillas fijas en posición.



Figura

Fijar la tapa y los tornillos para las correas

La tapa ya no se tiene que volver a mover, por lo que podemos poner el último tornillo que nos faltaba en las piezas de las esquinas (el que estaba situado arriba). Este impide que la tapa se mueva o se levante y le añade rigidez a la estructura.



Figura

Asimismo, podemos poner los tornillos de métrica 8 que sujetarán las poleas. Estos van en los dos agujeros situados en las esquinas frontales de la tapa. Cogemos tornillos de métrica 8 largos porque cada uno sujetará 2 poleas al mismo tiempo, así que necesitamos espacio.



Figura

## 6. INSTALAR LA GUÍA PARA EL CARRO Y EL CARRO X

### Guía para el carro X

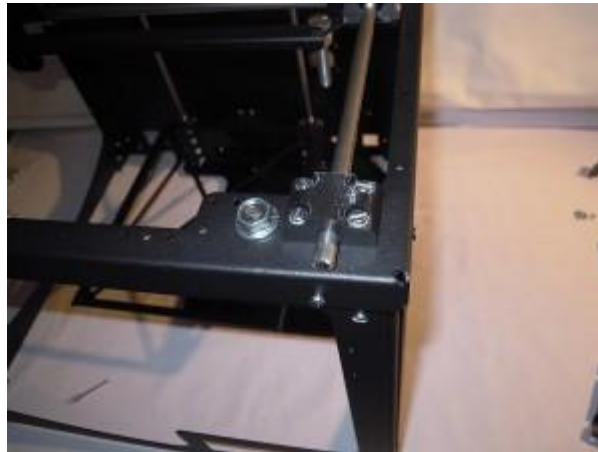
Finalmente tenemos que poner la guía en su posición en la tapa. Está irá con dos varillas lisas. Para sujetar las varillas utilizaremos dos piezas de plástico en cada lado. De estas piezas hay una corta (irá colocada en el lado de posterior, tocando al motor) y una un poco más larga (que si situará en la posición cerca del frontal). Al colocar las varillas las podemos apoyar al motor. Esto nos asegurará que las dos están en la misma posición.



Figura

La pieza de atrás tiene que ser así de corta para asegurar que nos caben al lado del motor y al mismo tiempo asegurar el máximo recorrido de la impresora. Al ser tan corta solo estará sujeta por dos tornillos y a veces cuesta un poquito de encajar. Por el contrario la pieza del frontal tiene 4 tornillos.

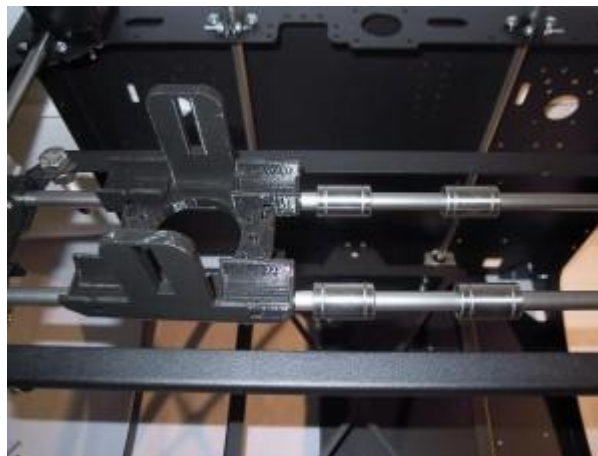
Existe una versión diferente de las piezas del frontal, las cuales son un poco más robustas. Para esta versión los tornillos deben ser más largos para tener espacio suficiente para roscar.



Figura

### Preparar el carro

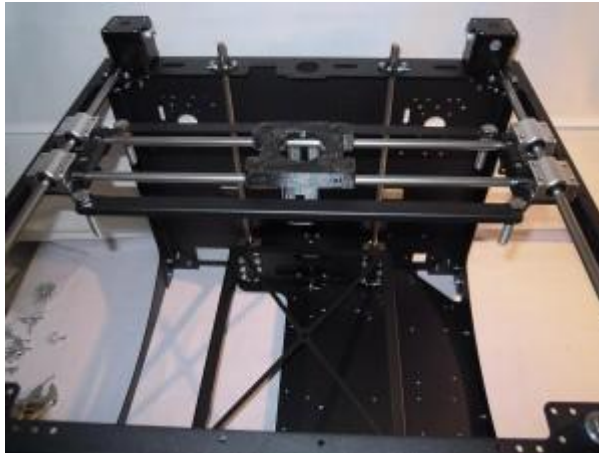
El carro es donde colocaremos el extrusor. Lo apoyaremos en los 4 rodamientos que tenemos colocados en las varillas de la pieza guía para el carro X. Este carro lleva unas columnas en el lateral que es donde se pondrán las correas del sistema CoreXY.



Figura

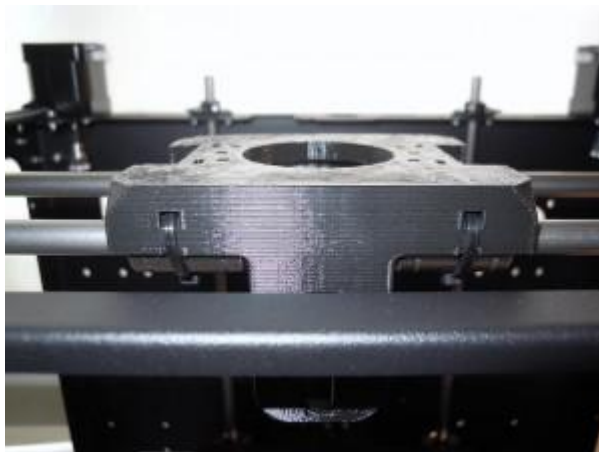
\*El diseño del carro parte de un modelo estándar para la Prusa2, por lo tanto cualquier carro para esta máquina se puede reaprovechar (o modificar el diseño según necesidades). Los dos aspectos principales a tener en cuenta son que la separación entre ejes es de 50 mm y que necesitamos ponerle las dos columnas para las correas.

Al colocarlo las columnas de las correas quedarán hacia abajo (los tornillos para las correas también estaban en esta misma orientación).



Figura

Finalmente debemos sujetar el carro a los rodamientos con unas bridas. Para esto existen unos agujeros en el carro dispuestos a tal efecto.



Figura

El carro está hecho con plástico impreso expresamente. De esta forma el usuario tiene total libertad para ampliar la impresora con cualquier gadget que considere oportuno (ventiladores de capa, doble extrusor, etc.).

## 7. HUSILLO EJE Z

El husillo es el elemento que permite controlar la altura de capa de forma precisa, con lo cual podemos conseguir impresiones en “alta definición”. El husillo irá desde un motor colocado en la tapa (en la posición central) hasta el suelo.

En el suelo pondremos un cojinete en la pieza de plástico. Este cojinete simplemente ayuda a guiar el husillo, para asegurarnos que este está siempre en posición vertical.



Figura

Entonces podemos poner el husillo. Debemos tener en cuenta que lo debemos pasar por la guía para el husillo que tenemos en la chapa para sujetar la base caliente.

Una vez terminado esto tan solo falta poner el Z coupling en el extremo superior (para poder juntar el husillo con el motor del eje Z) y colocar el motor. Este irá fijado a la tapa (de la misma forma que hemos fijado los motores del eje X e Y) y apretamos los dos tornillos del Z coupling para dejar las dos piezas fijadas.



Figura



## A2. Código Xoco Printer

En este anexo puede observarse el código correspondiente a la configuración de la impresora. Este código no ha sido creado desde cero, se cogió como referencia un código de configuración Open-Source y se modificaron aquellos parámetros que se consideró, dado las características propias de la impresora que ocupa este proyecto.

/\*\*

\* Marlin 3D Printer Firmware

\* Copyright (C) 2016 MarlinFirmware [<https://github.com/MarlinFirmware/Marlin>]

\*

\* Based on Sprinter and grbl.

\* Copyright (C) 2011 Camiel Gubbels / Erik van der Zalm

\*

\* This program is free software: you can redistribute it and/or modify

\* it under the terms of the GNU General Public License as published by

\* the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or

\* (at your option) any later version.

\*

\* This program is distributed in the hope that it will be useful,

\* but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of

\* MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the

\* GNU General Public License for more details.

\*

\* You should have received a copy of the GNU General Public License

\* along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.



```
*  
  
*/  
  
/**  
  
* Configuration.h  
  
*  
  
* Basic settings such as:  
  
*  
  
* - Type of electronics  
  
* - Type of temperature sensor  
  
* - Printer geometry  
  
* - Endstop configuration  
  
* - LCD controller  
  
* - Extra features  
  
*  
  
* Advanced settings can be found in Configuration_adv.h  
  
*  
  
*/  
  
#ifndef CONFIGURATION_H  
  
#define CONFIGURATION_H  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
/**
```

```
*

* *****

* ** ATTENTION TO ALL DEVELOPERS **

* *****

*

* You must increment this version number for every significant change such as,

* but not limited to: ADD, DELETE RENAME OR REPURPOSE any directive/option.

*

* Note: Update also Version.h !

*/

#define CONFIGURATION_H_VERSION 010100


//=====

//===== Getting Started =====

//=====

/**

* Here are some standard links for getting your machine calibrated:

*

* http://reprap.org/wiki/Calibration

* http://youtu.be/wAL9d7FgInk

* http://calculator.josefprusa.cz
```

\* [http://reprap.org/wiki/Triffid\\_Hunter%27s\\_Calibration\\_Guide](http://reprap.org/wiki/Triffid_Hunter%27s_Calibration_Guide)

\* <http://www.thingiverse.com/thing:5573>

\* <https://sites.google.com/site/repraplogphase/calibration-of-your-reprap>

\* <http://www.thingiverse.com/thing:298812>

\*/

//=====

//===== DELTA Printer =====

//=====

// For a Delta printer replace the configuration files with the files in the

// example\_configurations/delta directory.

//

//=====

//===== SCARA Printer =====

//=====

// For a Scara printer replace the configuration files with the files in the

// example\_configurations/SCARA directory.

//

// @section info

```
// User-specified version info of this build to display in [Pronterface, etc] terminal window during
// startup. Implementation of an idea by Prof Braino to inform user that any changes made to this
// build by the user have been successfully uploaded into firmware.

#define STRING_CONFIG_H_AUTHOR "(Gerard Bonavida, FABLAB)" // Who made the changes.

#define SHOW_BOOTSCREEN

#define STRING_SPLASH_LINE1 SHORT_BUILD_VERSION // will be shown during bootup in line 1

#define STRING_SPLASH_LINE2 WEBSITE_URL // will be shown during bootup in line 2

//

// *** VENDORS PLEASE READ *****

//

// Marlin now allow you to have a vendor boot image to be displayed on machine
// start. When SHOW_CUSTOM_BOOTSCREEN is defined Marlin will first show your
// custom boot image and then the default Marlin boot image is shown.

//

// We suggest for you to take advantage of this new feature and keep the Marlin
// boot image unmodified. For an example have a look at the bq Hephestos 2
// example configuration folder.

//

// #define SHOW_CUSTOM_BOOTSCREEN

// @section machine
```

```
/**
```

```
* Select which serial port on the board will be used for communication with the host.
```

```
* This allows the connection of wireless adapters (for instance) to non-default port pins.
```

```
* Serial port 0 is always used by the Arduino bootloader regardless of this setting.
```

```
*
```

```
* :[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
```

```
*/
```

```
#define SERIAL_PORT 0
```

```
/**
```

```
* This setting determines the communication speed of the printer.
```

```
*
```

```
* 250000 works in most cases, but you might try a lower speed if
```

```
* you commonly experience drop-outs during host printing.
```

```
*
```

```
* :[2400, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 250000]
```

```
*/
```

```
#define BAUDRATE 250000
```

```
// Enable the Bluetooth serial interface on AT90USB devices
```

```
//#define BLUETOOTH
```

```
// The following define selects which electronics board you have.

// Please choose the name from boards.h that matches your setup

#ifndef MOTHERBOARD

    #define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EFB

#endif


// Optional custom name for your RepStrap or other custom machine

// Displayed in the LCD "Ready" message

#define CUSTOM_MACHINE_NAME "XocoPrinter 3D by JG"


// Define this to set a unique identifier for this printer, (Used by some programs to differentiate
between machines)

// You can use an online service to generate a random UUID. (eg
http://www.uuidgenerator.net/version4)

// #define MACHINE_UUID "00000000-0000-0000-0000-000000000000"


// This defines the number of extruders

// :[1, 2, 3, 4]

#define EXTRUDERS 1


// Enable if your E steppers or extruder gear ratios are not identical

// #define DISTINCT_E_FACTORS
```

```
// For Cyclops or any "multi-extruder" that shares a single nozzle.

// #define SINGLENOZZLE

// A dual extruder that uses a single stepper motor

// Don't forget to set SSDE_SERVO_ANGLES and HOTEND_OFFSET_X/Y/Z

// #define SWITCHING_EXTRUDER

#if ENABLED(SWITCHING_EXTRUDER)

  #define SWITCHING_EXTRUDER_SERVO_NR 0

  #define SWITCHING_EXTRUDER_SERVO_ANGLES { 0, 90 } // Angles for E0, E1

  // #define HOTEND_OFFSET_Z {0.0, 0.0}

#endif

/**

 * "Mixing Extruder"

 * - Adds a new code, M165, to set the current mix factors.

 * - Extends the stepping routines to move multiple steppers in proportion to the mix.

 * - Optional support for Repetier Host M163, M164, and virtual extruder.

 * - This implementation supports only a single extruder.

 * - Enable DIRECT_MIXING_IN_G1 for Pia Taubert's reference implementation

 */

// #define MIXING_EXTRUDER

#if ENABLED(MIXING_EXTRUDER)
```



```
#define MIXING_STEPPERS 2    // Number of steppers in your mixing extruder

#define MIXING_VIRTUAL_TOOLS 16 // Use the Virtual Tool method with M163 and M164

// #define DIRECT_MIXING_IN_G1    // Allow ABCDHI mix factors in G1 movement commands

#endif

// Offset of the extruders (uncomment if using more than one and relying on firmware to position
// when changing).

// The offset has to be X=0, Y=0 for the extruder 0 hotend (default extruder).

// For the other hotends it is their distance from the extruder 0 hotend.

// #define HOTEND_OFFSET_X {0.0, 20.00} // (in mm) for each extruder, offset of the hotend on the X
// axis

// #define HOTEND_OFFSET_Y {0.0, 5.00} // (in mm) for each extruder, offset of the hotend on the Y
// axis

/**

 * Select your power supply here. Use 0 if you haven't connected the PS_ON_PIN

 *

 * 0 = No Power Switch

 * 1 = ATX

 * 2 = X-Box 360 203Watts (the blue wire connected to PS_ON and the red wire to VCC)

 *

 * :{ 0:'No power switch', 1:'ATX', 2:'X-Box 360' }

 */

#define POWER_SUPPLY 1
```

```

#if POWER_SUPPLY > 0

// Enable this option to leave the PSU off at startup.

// Power to steppers and heaters will need to be turned on with M80.

// #define PS_DEFAULT_OFF

#endif

// @section temperature

//=====

//===== Thermal Settings =====

//=====

/**

 * --NORMAL IS 4.7kohm PULLUP!-- 1kohm pullup can be used on hotend sensor, using correct
resistor and table

 *

 * Temperature sensors available:

 *

 * -3 : thermocouple with MAX31855 (only for sensor 0)

 * -2 : thermocouple with MAX6675 (only for sensor 0)

 * -1 : thermocouple with AD595

 * 0 : not used

```

- \* 1 : 100k thermistor - best choice for EPCOS 100k (4.7k pullup)
- \* 2 : 200k thermistor - ATC Semitec 204GT-2 (4.7k pullup)
- \* 3 : Mendel-parts thermistor (4.7k pullup)
- \* 4 : 10k thermistor !! do not use it for a hotend. It gives bad resolution at high temp. !!
- \* 5 : 100K thermistor - ATC Semitec 104GT-2 (Used in ParCan & J-Head) (4.7k pullup)
- \* 6 : 100k EPCOS - Not as accurate as table 1 (created using a fluke thermocouple) (4.7k pullup)
- \* 7 : 100k Honeywell thermistor 135-104LAG-J01 (4.7k pullup)
- \* 71 : 100k Honeywell thermistor 135-104LAF-J01 (4.7k pullup)
- \* 8 : 100k 0603 SMD Vishay NTCS0603E3104FXT (4.7k pullup)
- \* 9 : 100k GE Sensing AL03006-58.2K-97-G1 (4.7k pullup)
- \* 10 : 100k RS thermistor 198-961 (4.7k pullup)
- \* 11 : 100k beta 3950 1% thermistor (4.7k pullup)
- \* 12 : 100k 0603 SMD Vishay NTCS0603E3104FXT (4.7k pullup) (calibrated for Makibox hot bed)
- \* 13 : 100k Hisens 3950 1% up to 300°C for hotend "Simple ONE " & "Hotend "All In ONE"
- \* 20 : the PT100 circuit found in the Ultimainboard V2.x
- \* 60 : 100k Maker's Tool Works Kapton Bed Thermistor beta=3950
- \* 66 : 4.7M High Temperature thermistor from Dyze Design
- \* 70 : the 100K thermistor found in the bq Hephestos 2
- \*  
1k ohm pullup tables - This is atypical, and requires changing out the 4.7k pullup for 1k.  
  
(but gives greater accuracy and more stable PID)
- \* 51 : 100k thermistor - EPCOS (1k pullup)

- \* 52 : 200k thermistor - ATC Semitec 204GT-2 (1k pullup)
- \* 55 : 100k thermistor - ATC Semitec 104GT-2 (Used in ParCan & J-Head) (1k pullup)
- \*
- \* 1047 : Pt1000 with 4k7 pullup
- \* 1010 : Pt1000 with 1k pullup (non standard)
- \* 147 : Pt100 with 4k7 pullup
- \* 110 : Pt100 with 1k pullup (non standard)
- \*
- \* Use these for Testing or Development purposes. NEVER for production machine.
- \* 998 : Dummy Table that ALWAYS reads 25°C or the temperature defined below.
- \* 999 : Dummy Table that ALWAYS reads 100°C or the temperature defined below.
- \*
- \* :{ '0': "Not used", '1':"100k / 4.7k - EPCOS", '2':"200k / 4.7k - ATC Semitec 204GT-2", '3':"Mendel-parts / 4.7k", '4':"10k !! do not use for a hotend. Bad resolution at high temp. !!", '5':"100K / 4.7k - ATC Semitec 104GT-2 (Used in ParCan & J-Head)", '6':"100k / 4.7k EPCOS - Not as accurate as Table 1", '7':"100k / 4.7k Honeywell 135-104LAG-J01", '8':"100k / 4.7k 0603 SMD Vishay NTCS0603E3104FXT", '9':"100k / 4.7k GE Sensing AL03006-58.2K-97-G1", '10':"100k / 4.7k RS 198-961", '11':"100k / 4.7k beta 3950 1%", '12':"100k / 4.7k 0603 SMD Vishay NTCS0603E3104FXT (calibrated for Makibox hot bed)", '13':"100k Hisens 3950 1% up to 300°C for hotend 'Simple ONE' & hotend 'All In ONE'", '20':"PT100 (Ultimainboard V2.x)", '51':"100k / 1k - EPCOS", '52':"200k / 1k - ATC Semitec 204GT-2", '55':"100k / 1k - ATC Semitec 104GT-2 (Used in ParCan & J-Head)", '60':"100k Maker's Tool Works Kapton Bed Thermistor beta=3950", '66':"Dyze Design 4.7M High Temperature thermistor", '70':"the 100K thermistor found in the bq Hephestos 2", '71':"100k / 4.7k Honeywell 135-104LAF-J01", '147':"Pt100 / 4.7k", '1047':"Pt1000 / 4.7k", '110':"Pt100 / 1k (non-standard)", '1010':"Pt1000 / 1k (non standard)", '-3':"Thermocouple + MAX31855 (only for sensor 0)", '-2':"Thermocouple + MAX6675 (only for sensor 0)", '-1':"Thermocouple + AD595", '998':"Dummy 1", '999':"Dummy 2" }
- \*/

```
#define TEMP_SENSOR_0 1

#define TEMP_SENSOR_1 0

#define TEMP_SENSOR_2 0

#define TEMP_SENSOR_3 0

#define TEMP_SENSOR_BED 1 //old 1 , new0 //l'he de deixar activada sino no funciona, si es posa a 0
desactivar totes les altres linies de codi (?)

// Dummy thermistor constant temperature readings, for use with 998 and 999

#define DUMMY_THERMISTOR_998_VALUE 25

#define DUMMY_THERMISTOR_999_VALUE 100

// Use temp sensor 1 as a redundant sensor with sensor 0. If the readings
// from the two sensors differ too much the print will be aborted.

// #define TEMP_SENSOR_1_AS_REDUNDANT

#define MAX_REDUNDANT_TEMP_SENSOR_DIFF 10

// Extruder temperature must be close to target for this long before M109 returns success

#define TEMP_RESIDENCY_TIME 10 // (seconds)

#define TEMP_HYSTERESIS 3 // (degC) range of +/- temperatures considered "close" to the target
one

#define TEMP_WINDOW 1 // (degC) Window around target to start the residency timer x degC
early.

// Bed temperature must be close to target for this long before M190 returns success
```

```
#define TEMP_BED_RESIDENCY_TIME 10 // (seconds)

#define TEMP_BED_HYSTERESIS 3    // (degC) range of +/- temperatures considered "close" to the
target one

#define TEMP_BED_WINDOW 1    // (degC) Window around target to start the residency timer x
degC early.

// The minimal temperature defines the temperature below which the heater will not be enabled It is
used

// to check that the wiring to the thermistor is not broken.

// Otherwise this would lead to the heater being powered on all the time.

#define HEATER_0_MINTEMP 10 //old 5, new 10

#define HEATER_1_MINTEMP 10

#define HEATER_2_MINTEMP 10

#define HEATER_3_MINTEMP 10

#define BED_MINTEMP 10

// When temperature exceeds max temp, your heater will be switched off.

// This feature exists to protect your hotend from overheating accidentally, but *NOT* from
thermistor short/failure!

// You should use MINTEMP for thermistor short/failure protection.

#define HEATER_0_MAXTEMP 275

#define HEATER_1_MAXTEMP 275

#define HEATER_2_MAXTEMP 275

#define HEATER_3_MAXTEMP 275
```

```
#define BED_MAXTEMP 150

//=====

//===== PID Settings =====

//=====

// PID Tuning Guide here: http://reprap.org/wiki/PID\_Tuning

// Comment the following line to disable PID and enable bang-bang.

#define PIDTEMP

#define BANG_MAX 255 // limits current to nozzle while in bang-bang mode; 255=full current

#define PID_MAX BANG_MAX // limits current to nozzle while PID is active (see
PID_FUNCTIONAL_RANGE below); 255=full current

#if ENABLED(PIDTEMP)

  // #define PID_AUTOTUNE_MENU // Add PID Autotune to the LCD "Temperature" menu to run
  M303 and apply the result.

  // #define PID_DEBUG // Sends debug data to the serial port.

  // #define PID_OPENLOOP 1 // Puts PID in open loop. M104/M140 sets the output power from 0 to
  PID_MAX

  // #define SLOW_PWM_HEATERS // PWM with very low frequency (roughly 0.125Hz=8s) and
  minimum state time of approximately 1s useful for heaters driven by a relay

  // #define PID_PARAMS_PER_HOTEND // Uses separate PID parameters for each extruder (useful for
  mismatched extruders)

  // Set/get with gcode: M301 E[extruder number, 0-2]

  #define PID_FUNCTIONAL_RANGE 10 // If the temperature difference between the target
  temperature and the actual temperature
```

// is more than PID\_FUNCTIONAL\_RANGE then the PID will be shut off and the heater will be set to min/max.

```
#define K1 0.95 //smoothing factor within the PID
```

// If you are using a pre-configured hotend then you can use one of the value sets by uncommenting it

```
// Ultimaker
```

```
#define DEFAULT_Kp 22.2
```

```
#define DEFAULT_Ki 1.08
```

```
#define DEFAULT_Kd 114
```

```
// MakerGear
```

```
//#define DEFAULT_Kp 7.0
```

```
//#define DEFAULT_Ki 0.1
```

```
//#define DEFAULT_Kd 12
```

```
// Mendel Parts V9 on 12V
```

```
//#define DEFAULT_Kp 63.0
```

```
//#define DEFAULT_Ki 2.25
```

```
//#define DEFAULT_Kd 440
```

```
#endif // PIDTEMP
```



```
//=====

//===== PID > Bed Temperature Control =====

//=====

// Select PID or bang-bang with PIDTEMPBED. If bang-bang, BED_LIMIT_SWITCHING will enable
hysteresis

//

// Uncomment this to enable PID on the bed. It uses the same frequency PWM as the extruder.

// If your PID_dT is the default, and correct for your hardware/configuration, that means 7.689Hz,

// which is fine for driving a square wave into a resistive load and does not significantly impact you
FET heating.

// This also works fine on a Fetek SSR-10DA Solid State Relay into a 250W heater.

// If your configuration is significantly different than this and you don't understand the issues
involved, you probably

// shouldn't use bed PID until someone else verifies your hardware works.

// If this is enabled, find your own PID constants below.

//#define PIDTEMPBED

//#define BED_LIMIT_SWITCHING

// This sets the max power delivered to the bed, and replaces the
HEATER_BED_DUTY_CYCLE_DIVIDER option.

// all forms of bed control obey this (PID, bang-bang, bang-bang with hysteresis)

// setting this to anything other than 255 enables a form of PWM to the bed just like
HEATER_BED_DUTY_CYCLE_DIVIDER did,
```

```
// so you shouldn't use it unless you are OK with PWM on your bed. (see the comment on enabling PIDTEMPBED)
```

```
#define MAX_BED_POWER 255 // limits duty cycle to bed; 255=full current
```

```
#if ENABLED(PIDTEMPBED)
```

```
  // #define PID_BED_DEBUG // Sends debug data to the serial port.
```

```
  // 120V 250W silicone heater into 4mm borosilicate (MendelMax 1.5+)
```

```
  // from FOPDT model - kp=.39 Tp=405 Tdead=66, Tc set to 79.2, aggressive factor of .15 (vs .1, 1, 10)
```

```
  #define DEFAULT_bedKp 10.00
```

```
  #define DEFAULT_bedKi .023
```

```
  #define DEFAULT_bedKd 305.4
```

```
  // 120V 250W silicone heater into 4mm borosilicate (MendelMax 1.5+)
```

```
  // from pidautotune
```

```
  // #define DEFAULT_bedKp 97.1
```

```
  // #define DEFAULT_bedKi 1.41
```

```
  // #define DEFAULT_bedKd 1675.16
```

```
  // FIND YOUR OWN: "M303 E-1 C8 S90" to run autotune on the bed at 90 degreesC for 8 cycles.
```

```
#endif // PIDTEMPBED
```

```
// @section extruder

// This option prevents extrusion if the temperature is below EXTRUDE_MINTEMP.

// It also enables the M302 command to set the minimum extrusion temperature

// or to allow moving the extruder regardless of the hotend temperature.

// *** IT IS HIGHLY RECOMMENDED TO LEAVE THIS OPTION ENABLED! ***

#define PREVENT_COLD_EXTRUSION

#define EXTRUDE_MINTEMP 10 //old 180, new 10 by goodlife

// This option prevents a single extrusion longer than EXTRUDE_MAXLENGTH.

// Note that for Bowden Extruders a too-small value here may prevent loading.

#define PREVENT_LENGTHY_EXTRUDE

#define EXTRUDE_MAXLENGTH 200

//=====

//===== Thermal Runaway Protection =====

//=====

/**

 * Thermal Protection protects your printer from damage and fire if a

 * thermistor falls out or temperature sensors fail in any way.

 *
```

\* The issue: If a thermistor falls out or a temperature sensor fails,

\* Marlin can no longer sense the actual temperature. Since a disconnected

\* thermistor reads as a low temperature, the firmware will keep the heater on.

\*

\* If you get "Thermal Runaway" or "Heating failed" errors the

\* details can be tuned in Configuration\_adv.h

\*/

```
#define THERMAL_PROTECTION_HOTENDS // Enable thermal protection for all extruders
```

```
#define THERMAL_PROTECTION_BED // Enable thermal protection for the heated bed
```

```
//=====
```

```
//===== Mechanical Settings =====
```

```
//=====
```

```
// @section machine
```

```
// Uncomment one of these options to enable CoreXY, CoreXZ, or CoreYZ kinematics
```

```
// either in the usual order or reversed
```

```
#define COREXY
```

```
//#define COREXZ
```

```
//#define COREYZ
```

```
//#define COREYX

//#define COREZX

//#define COREZY


// Enable this option for Toshiba steppers

//#define CONFIG_STEPPERS_TOSHIBA


//=====

//===== Endstop Settings =====

//=====


// @section homing


// Specify here all the endstop connectors that are connected to any endstop or probe.

// Almost all printers will be using one per axis. Probes will use one or more of the

// extra connectors. Leave undefined any used for non-endstop and non-probe purposes.

#define USE_XMIN_PLUG

#define USE_YMIN_PLUG

#define USE_ZMIN_PLUG

//#define USE_XMAX_PLUG

//#define USE_YMAX_PLUG

//#define USE_ZMAX_PLUG
```

```
// coarse Endstop Settings

#define ENDSTOPPULLUPS // Comment this out (using // at the start of the line) to disable the
endstop pullup resistors

#if DISABLED(ENDSTOPPULLUPS)

// fine endstop settings: Individual pullups. will be ignored if ENDSTOPPULLUPS is defined

// #define ENDSTOPPULLUP_XMAX

// #define ENDSTOPPULLUP_YMAX

// #define ENDSTOPPULLUP_ZMAX

// #define ENDSTOPPULLUP_XMIN

// #define ENDSTOPPULLUP_YMIN

// #define ENDSTOPPULLUP_ZMIN

// #define ENDSTOPPULLUP_ZMIN_PROBE

#endif

// Mechanical endstop with COM to ground and NC to Signal uses "false" here (most common setup).

#define X_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop.

#define Y_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop.

#define Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop.

#define X_MAX_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop.

#define Y_MAX_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop.

#define Z_MAX_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop.
```

```
#define Z_MIN_PROBE_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop.
```

```
// Enable this feature if all enabled endstop pins are interrupt-capable.
```

```
// This will remove the need to poll the interrupt pins, saving many CPU cycles.
```

```
//#define ENDSTOP_INTERRUPTS_FEATURE
```

```
//=====
```

```
//===== Movement Settings =====
```

```
//=====
```

```
// @section motion
```

```
/**
```

```
 * Default Settings
```

```
 *
```

```
 * These settings can be reset by M502
```

```
 *
```

```
 * You can set distinct factors for each E stepper, if needed.
```

```
 * If fewer factors are given, the last will apply to the rest.
```

```
 *
```

```
 * Note that if EEPROM is enabled, saved values will override these.
```

```
 */
```



```
/**

* Default Axis Steps Per Unit (steps/mm)

* Override with M92

*          X, Y, Z, E0 [, E1[, E2[, E3]]]

*/

#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 80, 80, 428, 96 }


/**

* Default Max Feed Rate (mm/s)

* Override with M203

*          X, Y, Z, E0 [, E1[, E2[, E3]]]

*/

#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE      { 200, 200, 5, 150 }


/**

* Default Max Acceleration (change/s) change = mm/s

* (Maximum start speed for accelerated moves)

* Override with M201

*          X, Y, Z, E0 [, E1[, E2[, E3]]]

*/

#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION  { 850, 850, 100, 5000 }
```



/\*\*

\* Default Acceleration (change/s) change = mm/s

\* Override with M204

\*

\* M204 P Acceleration

\* M204 R Retract Acceleration

\* M204 T Travel Acceleration

\*/

#define DEFAULT\_ACCELERATION 600 // X, Y, Z and E acceleration for printing moves

#define DEFAULT\_RETRACT\_ACCELERATION 2000 // E acceleration for retracts

#define DEFAULT\_TRAVEL\_ACCELERATION 700 // X, Y, Z acceleration for travel (non printing) moves

/\*\*

\* Default Jerk (mm/s)

\*

\* "Jerk" specifies the minimum speed change that requires acceleration.

\* When changing speed and direction, if the difference is less than the

\* value set here, it may happen instantaneously.

\*/

#define DEFAULT\_XJERK 20.0

#define DEFAULT\_YJERK 20.0

#define DEFAULT\_ZJERK 0.4



```
#define DEFAULT_EJERK          5.0

//=====
//===== Z Probe Options =====
//=====

// @section probes

//

// Probe Type

// Probes are sensors/switches that are activated / deactivated before/after use.

//

// Allen Key Probes, Servo Probes, Z-Sled Probes, FIX_MOUNTED_PROBE, etc.

// You must activate one of these to use Auto Bed Leveling below.

//

// Use M851 to set the Z probe vertical offset from the nozzle. Store with M500.

//

// A Fix-Mounted Probe either doesn't deploy or needs manual deployment.

// For example an inductive probe, or a setup that uses the nozzle to probe.

// An inductive probe must be deactivated to go below

// its trigger-point if hardware endstops are active.
```

```
// #define FIX_MOUNTED_PROBE

// The BLTouch probe emulates a servo probe.

// The default connector is SERVO 0. Set Z_ENDSTOP_SERVO_NR below to override.

// #define BLTOUCH

// Z Servo Probe, such as an endstop switch on a rotating arm.

// #define Z_ENDSTOP_SERVO_NR 0

// #define Z_SERVO_ANGLES {70,0} // Z Servo Deploy and Stow angles

// Enable if you have a Z probe mounted on a sled like those designed by Charles Bell.

// #define Z_PROBE_SLED

// #define SLED_DOCKING_OFFSET 5 // The extra distance the X axis must travel to pickup the sled. 0
// should be fine but you can push it further if you'd like.

// Z Probe to nozzle (X,Y) offset, relative to (0, 0).

// X and Y offsets must be integers.

//

// In the following example the X and Y offsets are both positive:

// #define X_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER 10

// #define Y_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER 10

//

// +-- BACK ---+
```

```

// | |
// L | (+) P | R <-- probe (20,20)
// E | | I
// F | (-) N (+) | G <-- nozzle (10,10)
// T | | H
// | (-) | T
// | |
// O-- FRONT --+
// (0,0)

#define X_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER 10 // X offset: -left +right [of the nozzle]
#define Y_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER 10 // Y offset: -front +behind [the nozzle]
#define Z_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER 0 // Z offset: -below +above [the nozzle]

// X and Y axis travel speed (mm/m) between probes
#define XY_PROBE_SPEED 8000

// Speed for the first approach when double-probing (with PROBE_DOUBLE_TOUCH)
#define Z_PROBE_SPEED_FAST HOMING_FEEDRATE_Z

// Speed for the "accurate" probe of each point
#define Z_PROBE_SPEED_SLOW (Z_PROBE_SPEED_FAST / 2)

// Use double touch for probing
// #define PROBE_DOUBLE_TOUCH

```

```
//

// Allen Key Probe is defined in the Delta example configurations.

//

// *** PLEASE READ ALL INSTRUCTIONS BELOW FOR SAFETY! ***

//

// To continue using the Z-min-endstop for homing, be sure to disable Z_SAFE_HOMING.

// Example: To park the head outside the bed area when homing with G28.

//

// To use a separate Z probe, your board must define a Z_MIN_PROBE_PIN.

//

// For a servo-based Z probe, you must set up servo support below, including

// NUM_SERVOS, Z_ENDSTOP_SERVO_NR and Z_SERVO_ANGLES.

//

// - RAMPS 1.3/1.4 boards may be able to use the 5V, GND, and Aux4->D32 pin.

// - Use 5V for powered (usu. inductive) sensors.

// - Otherwise connect:

// - normally-closed switches to GND and D32.

// - normally-open switches to 5V and D32.

//

// Normally-closed switches are advised and are the default.

//
```

```
//  
  
// The Z_MIN_PROBE_PIN sets the Arduino pin to use. (See your board's pins file.)  
  
// Since the RAMPS Aux4->D32 pin maps directly to the Arduino D32 pin, D32 is the  
  
// default pin for all RAMPS-based boards. Most boards use the X_MAX_PIN by default.  
  
// To use a different pin you can override it here.  
  
//  
  
// WARNING:  
  
// Setting the wrong pin may have unexpected and potentially disastrous consequences.  
  
// Use with caution and do your homework.  
  
//  
  
// #define Z_MIN_PROBE_PIN X_MAX_PIN  
  
  
//  
  
// Enable Z_MIN_PROBE_ENDSTOP to use _both_ a Z Probe and a Z-min-endstop on the same  
machine.  
  
// With this option the Z_MIN_PROBE_PIN will only be used for probing, never for homing.  
  
//  
  
// #define Z_MIN_PROBE_ENDSTOP  
  
  
// Enable Z_MIN_PROBE_USES_Z_MIN_ENDSTOP_PIN to use the Z_MIN_PIN for your Z_MIN_PROBE.  
  
// The Z_MIN_PIN will then be used for both Z-homing and probing.  
  
#define Z_MIN_PROBE_USES_Z_MIN_ENDSTOP_PIN
```

```
// To use a probe you must enable one of the two options above!
```

```
// Enable Z Probe Repeatability test to see how accurate your probe is
```

```
// #define Z_MIN_PROBE_REPEATABILITY_TEST
```

```
/**
```

```
* Z probes require clearance when deploying, stowing, and moving between
```

```
* probe points to avoid hitting the bed and other hardware.
```

```
* Servo-mounted probes require extra space for the arm to rotate.
```

```
* Inductive probes need space to keep from triggering early.
```

```
*
```

```
* Use these settings to specify the distance (mm) to raise the probe (or
```

```
* lower the bed). The values set here apply over and above any (negative)
```

```
* probe Z Offset set with Z_PROBE_OFFSET_FROM_EXTRUDER, M851, or the LCD.
```

```
* Only integer values  $\geq 1$  are valid here.
```

```
*
```

```
* Example: `M851 Z-5` with a CLEARANCE of 4 => 9mm from bed to nozzle.
```

```
* But: `M851 Z+1` with a CLEARANCE of 2 => 2mm from bed to nozzle.
```

```
*/
```

```
#define Z_CLEARANCE_DEPLOY_PROBE 10 // Z Clearance for Deploy/Stow
```

```
#define Z_CLEARANCE_BETWEEN_PROBES 5 // Z Clearance between probe points
```



```
//

// For M851 give a range for adjusting the Z probe offset

//

#define Z_PROBE_OFFSET_RANGE_MIN -20

#define Z_PROBE_OFFSET_RANGE_MAX 20


// For Inverting Stepper Enable Pins (Active Low) use 0, Non Inverting (Active High) use 1

// :{ 0:'Low', 1:'High' }

#define X_ENABLE_ON 0

#define Y_ENABLE_ON 0

#define Z_ENABLE_ON 0

#define E_ENABLE_ON 0 // For all extruders


// Disables axis stepper immediately when it's not being used.

// WARNING: When motors turn off there is a chance of losing position accuracy!

#define DISABLE_X false

#define DISABLE_Y false

#define DISABLE_Z false

// Warn on display about possibly reduced accuracy

// #define DISABLE_REduced_ACCURACY_WARNING
```



```
// @section extruder
```

```
#define DISABLE_E false // For all extruders
```

```
#define DISABLE_INACTIVE_EXTRUDER true //disable only inactive extruders and keep active  
extruder enabled
```

```
// @section machine
```

```
// Invert the stepper direction. Change (or reverse the motor connector) if an axis goes the wrong  
way.
```

```
#define INVERT_X_DIR false
```

```
#define INVERT_Y_DIR false
```

```
#define INVERT_Z_DIR false
```

```
// @section extruder
```

```
// For direct drive extruder v9 set to true, for geared extruder set to false.
```

```
#define INVERT_E0_DIR false
```

```
#define INVERT_E1_DIR false
```

```
#define INVERT_E2_DIR false
```

```
#define INVERT_E3_DIR false
```

```
// @section homing
```



```
#define Z_HOMING_HEIGHT 10 // (in mm) Minimal z height before homing (G28) for Z clearance  
above the bed, clamps, ...
```

```
// Be sure you have this distance over your Z_MAX_POS in case.
```

```
// ENDSTOP SETTINGS:
```

```
// Sets direction of endstops when homing; 1=MAX, -1=MIN
```

```
// :[-1, 1]
```

```
#define X_HOME_DIR -1
```

```
#define Y_HOME_DIR -1
```

```
#define Z_HOME_DIR -1
```

```
#define min_software_endstops true // If true, axis won't move to coordinates less than HOME_POS.
```

```
#define max_software_endstops true // If true, axis won't move to coordinates greater than the  
defined lengths below.
```

```
// @section machine
```

```
// Travel limits after homing (units are in mm)
```

```
#define X_MIN_POS -10
```

```
#define Y_MIN_POS -12
```

```
#define Z_MIN_POS 0
```

```
#define X_MAX_POS 210
```

```
#define Y_MAX_POS 200
```

```
#define Z_MAX_POS 200
```

```
//=====
```

```
//===== Filament Runout Sensor =====
```

```
//=====
```

```
//#define FILAMENT_RUNOUT_SENSOR // Uncomment for defining a filament runout sensor such as  
a mechanical or opto endstop to check the existence of filament
```

```
        // RAMPS-based boards use SERVO3_PIN. For other boards you may need to define  
FIL_RUNOUT_PIN.
```

```
        // It is assumed that when logic high = filament available
```

```
        //          when logic low = filament ran out
```

```
#if ENABLED(FILAMENT_RUNOUT_SENSOR)
```

```
    #define FIL_RUNOUT_INVERTING false // set to true to invert the logic of the sensor.
```

```
    #define ENDSTOPPULLUP_FIL_RUNOUT // Uncomment to use internal pullup for filament runout  
pins if the sensor is defined.
```

```
    #define FILAMENT_RUNOUT_SCRIPT "M600"
```

```
#endif
```

```
//=====
```

```
//===== Mesh Bed Leveling =====
```

```
//=====
```

```
#define MESH_BED_LEVELING // Enable mesh bed leveling.
```



```
#if ENABLED(MESH_BED_LEVELING)

#define MESH_INSET 10    // Mesh inset margin on print area

#define MESH_NUM_X_POINTS 2 // Don't use more than 7 points per axis, implementation limited.

#define MESH_NUM_Y_POINTS 2

#define MESH_HOME_SEARCH_Z 2 // Z after Home, bed somewhere below but above 0.0.

#define MESH_G28_REST_ORIGIN // After homing all axes ('G28' or 'G28 XYZ') rest at origin [0,0,0]

#define MANUAL_BED_LEVELING // Add display menu option for bed leveling.

#if ENABLED(MANUAL_BED_LEVELING)

#define MBL_Z_STEP 0.025 // Step size while manually probing Z axis.

#endif // MANUAL_BED_LEVELING

// Gradually reduce leveling correction until a set height is reached,
// at which point movement will be level to the machine's XY plane.
// The height can be set with M420 Z<height>

#define ENABLE_LEVELING_FADE_HEIGHT

#endif // MESH_BED_LEVELING
```

```
//=====
```

```
//===== Auto Bed Leveling =====
```

```
//=====
```

```
// @section bedlevel
```

```
/**
```

- \* Select one form of Auto Bed Leveling below.

- \*

- \* If you're also using the Probe for Z Homing, it's

- \* highly recommended to enable Z\_SAFE\_HOMING also!

- \*

- \* - 3POINT

- \* Probe 3 arbitrary points on the bed (that aren't collinear)

- \* You specify the XY coordinates of all 3 points.

- \* The result is a single tilted plane. Best for a flat bed.

- \*

- \* - LINEAR

- \* Probe several points in a grid.

- \* You specify the rectangle and the density of sample points.

- \* The result is a single tilted plane. Best for a flat bed.

- \*

- \* - BILINEAR



- \* Probe several points in a grid.
- \* You specify the rectangle and the density of sample points.
- \* The result is a mesh, best for large or uneven beds.

\*/

```
//#define AUTO_BED_LEVELING_3POINT
```

```
//#define AUTO_BED_LEVELING_LINEAR
```

```
//#define AUTO_BED_LEVELING_BILINEAR
```

/\*\*

- \* Enable detailed logging of G28, G29, M48, etc.

- \* Turn on with the command 'M111 S32'.

- \* NOTE: Requires a lot of PROGMEM!

\*/

```
//#define DEBUG_LEVELING_FEATURE
```

```
#if ENABLED(AUTO_BED_LEVELING_LINEAR) || ENABLED(AUTO_BED_LEVELING_BILINEAR)
```

```
// Set the number of grid points per dimension.
```

```
#define ABL_GRID_POINTS_X 3
```

```
#define ABL_GRID_POINTS_Y ABL_GRID_POINTS_X
```

```
// Set the boundaries for probing (where the probe can reach).
```

```
#define LEFT_PROBE_BED_POSITION 15

#define RIGHT_PROBE_BED_POSITION 170

#define FRONT_PROBE_BED_POSITION 20

#define BACK_PROBE_BED_POSITION 170


// The Z probe minimum outer margin (to validate G29 parameters).

#define MIN_PROBE_EDGE 10


// Probe along the Y axis, advancing X after each column

// #define PROBE_Y_FIRST


#if ENABLED(AUTO_BED_LEVELING_BILINEAR)


// Gradually reduce leveling correction until a set height is reached,
// at which point movement will be level to the machine's XY plane.
// The height can be set with M420 Z<height>

#define ENABLE_LEVELING_FADE_HEIGHT


//

// Experimental Subdivision of the grid by Catmull-Rom method.

// Synthesizes intermediate points to produce a more detailed mesh.

//
```

```
//#define ABL_BILINEAR_SUBDIVISION

#if ENABLED(ABL_BILINEAR_SUBDIVISION)

  // Number of subdivisions between probe points

  #define BILINEAR_SUBDIVISIONS 3

#endif

#endif

#elif ENABLED(AUTO_BED_LEVELING_3POINT)

  // 3 arbitrary points to probe.

  // A simple cross-product is used to estimate the plane of the bed.

  #define ABL_PROBE_PT_1_X 15

  #define ABL_PROBE_PT_1_Y 180

  #define ABL_PROBE_PT_2_X 15

  #define ABL_PROBE_PT_2_Y 20

  #define ABL_PROBE_PT_3_X 170

  #define ABL_PROBE_PT_3_Y 20

#endif

/**
```



\* Commands to execute at the end of G29 probing.

\* Useful to retract or move the Z probe out of the way.

\*/

```
// #define Z_PROBE_END_SCRIPT "G1 Z10 F12000\nG1 X15 Y330\nG1 Z0.5\nG1 Z10"
```

```
// @section homing
```

```
// The center of the bed is at (X=0, Y=0)
```

```
// #define BED_CENTER_AT_0_0
```

```
// Manually set the home position. Leave these undefined for automatic settings.
```

```
// For DELTA this is the top-center of the Cartesian print volume.
```

```
// #define MANUAL_X_HOME_POS 0
```

```
// #define MANUAL_Y_HOME_POS 0
```

```
// #define MANUAL_Z_HOME_POS 0 // Distance between the nozzle to printbed after homing
```

```
// Use "Z Safe Homing" to avoid homing with a Z probe outside the bed area.
```

```
//
```

```
// With this feature enabled:
```

```
//
```

```
// - Allow Z homing only after X and Y homing AND stepper drivers still enabled.
```

```
// - If stepper drivers time out, it will need X and Y homing again before Z homing.

// - Move the Z probe (or nozzle) to a defined XY point before Z Homing when homing all axes (G28).

// - Prevent Z homing when the Z probe is outside bed area.

// #define Z_SAFE_HOMING

#if ENABLED(Z_SAFE_HOMING)

  #define Z_SAFE_HOMING_X_POINT ((X_MIN_POS + X_MAX_POS) / 2)  // X point for Z homing
  when homing all axis (G28).

  #define Z_SAFE_HOMING_Y_POINT ((Y_MIN_POS + Y_MAX_POS) / 2)  // Y point for Z homing
  when homing all axis (G28).

#endif

// Homing speeds (mm/m)

#define HOMING_FEEDRATE_XY (80*60)

#define HOMING_FEEDRATE_Z (5*60)

//=====

//===== Additional Features =====

//=====

// @section extras

//
```

```
// EEPROM

//

// The microcontroller can store settings in the EEPROM, e.g. max velocity...

// M500 - stores parameters in EEPROM

// M501 - reads parameters from EEPROM (if you need reset them after you changed them
temporarily).

// M502 - reverts to the default "factory settings". You still need to store them in EEPROM
afterwards if you want to.

//define this to enable EEPROM support

//#define EEPROM_SETTINGS                //0J0000000000//

#if ENABLED(EEPROM_SETTINGS)

  // To disable EEPROM Serial responses and decrease program space by ~1700 byte: comment this
  out:

  #define EEPROM_CHITCHAT // Please keep turned on if you can.

#endif

//

// Host Keepalive

//

// When enabled Marlin will send a busy status message to the host

// every couple of seconds when it can't accept commands.

//

#define HOST_KEEPALIVE_FEATURE // Disable this if your host doesn't like keepalive messages
```



```
#define DEFAULT_KEEPLIVE_INTERVAL 2 // Number of seconds between "busy" messages. Set with  
M113.
```

```
//
```

```
// M100 Free Memory Watcher
```

```
//
```

```
//#define M100_FREE_MEMORY_WATCHER // uncomment to add the M100 Free Memory Watcher  
for debug purpose
```

```
//
```

```
// G20/G21 Inch mode support
```

```
//
```

```
//#define INCH_MODE_SUPPORT
```

```
//
```

```
// M149 Set temperature units support
```

```
//
```

```
//#define TEMPERATURE_UNITS_SUPPORT
```

```
// @section temperature
```

```
// Preheat Constants
```

```
#define PREHEAT_1_TEMP_HOTEND 80
```

```
#define PREHEAT_1_TEMP_BED 25

#define PREHEAT_1_FAN_SPEED 0 // Value from 0 to 255


#define PREHEAT_2_TEMP_HOTEND 220

#define PREHEAT_2_TEMP_BED 90

#define PREHEAT_2_FAN_SPEED 0 // Value from 0 to 255


//

// Nozzle Park -- EXPERIMENTAL

//

// When enabled allows the user to define a special XYZ position, inside the

// machine's topology, to park the nozzle when idle or when receiving the G27

// command.

//

// The "P" parameter controls what is the action applied to the Z axis:

// P0: (Default) If current Z-pos is lower than Z-park then the nozzle will

// be raised to reach Z-park height.

//

// P1: No matter the current Z-pos, the nozzle will be raised/lowered to

// reach Z-park height.

//

// P2: The nozzle height will be raised by Z-park amount but never going over
```

```
// the machine's limit of Z_MAX_POS.

//

//#define NOZZLE_PARK_FEATURE

#if ENABLED(NOZZLE_PARK_FEATURE)

// Specify a park position as { X, Y, Z }

#define NOZZLE_PARK_POINT { (X_MIN_POS + 10), (Y_MAX_POS - 10), 20 }

#endif

//

// Clean Nozzle Feature -- EXPERIMENTAL

//

// When enabled allows the user to send G12 to start the nozzle cleaning

// process, the G-Code accepts two parameters:

// "P" for pattern selection

// "S" for defining the number of strokes/repetitions

//

// Available list of patterns:

// P0: This is the default pattern, this process requires a sponge type

// material at a fixed bed location, the cleaning process is based on

// "strokes" i.e. back-and-forth movements between the starting and end

// points.
```

```
//

// P1: This starts a zig-zag pattern between (X0, Y0) and (X1, Y1), "T"

//   defines the number of zig-zag triangles to be done. "S" defines the

//   number of strokes aka one back-and-forth movement. As an example

//   sending "G12 P1 S1 T3" will execute:

//

//   --

//   | (X0, Y1) | ^   ^   ^ | (X1, Y1)

//   |   | / \ / \ / \ |

//   A |   | / \ / \ / \ |

//   |   | / \ / \ / \ |

//   | (X0, Y0) | /   V   V   \ | (X1, Y0)

//   --   +-----+

//           |_____|_____|_____|

//           T1    T2    T3

//

// Caveats: End point Z should use the same value as Start point Z.

//

// Attention: This is an EXPERIMENTAL feature, in the future the G-code arguments

// may change to add new functionality like different wipe patterns.

//

// #define NOZZLE_CLEAN_FEATURE
```

```
#if ENABLED(NOZZLE_CLEAN_FEATURE)

// Number of pattern repetitions

#define NOZZLE_CLEAN_STROKES 12


// Specify positions as { X, Y, Z }

#define NOZZLE_CLEAN_START_POINT { 30, 30, (Z_MIN_POS + 1)}

#define NOZZLE_CLEAN_END_POINT {100, 60, (Z_MIN_POS + 1)}


// Moves the nozzle to the initial position

#define NOZZLE_CLEAN_GOBACK

#endif


//

// Print job timer

//

// Enable this option to automatically start and stop the

// print job timer when M104/M109/M190 commands are received.

// M104 (extruder without wait) - high temp = none, low temp = stop timer

// M109 (extruder with wait) - high temp = start timer, low temp = stop timer

// M190 (bed with wait) - high temp = start timer, low temp = none

//
```



```
// In all cases the timer can be started and stopped using

// the following commands:

//

// - M75 - Start the print job timer

// - M76 - Pause the print job timer

// - M77 - Stop the print job timer

#define PRINTJOB_TIMER_AUTOSTART


//

// Print Counter

//

// When enabled Marlin will keep track of some print statistical data such as:

// - Total print jobs

// - Total successful print jobs

// - Total failed print jobs

// - Total time printing

//

// This information can be viewed by the M78 command.

#define PRINTCOUNTER


//=====

//===== LCD and SD support =====
```

```
//=====

// @section lcd

//

// LCD LANGUAGE

//

// Here you may choose the language used by Marlin on the LCD menus, the following

// list of languages are available:

// en, an, bg, ca, cn, cz, de, el, el-gr, es, eu, fi, fr, gl, hr, it,

// kana, kana_utf8, nl, pl, pt, pt_utf8, pt-br, pt-br_utf8, ru, tr, uk, test

//

// :{ 'en':'English', 'an':'Aragonese', 'bg':'Bulgarian', 'ca':'Catalan', 'cn':'Chinese', 'cz':'Czech',
'de':'German', 'el':'Greek', 'el-gr':'Greek (Greece)', 'es':'Spanish', 'eu':'Basque-Euskera', 'fi':'Finnish',
'fr':'French', 'gl':'Galician', 'hr':'Croatian', 'it':'Italian', 'kana':'Japanese', 'kana_utf8':'Japanese (UTF8)',
'nl':'Dutch', 'pl':'Polish', 'pt':'Portuguese', 'pt-br':'Portuguese (Brazilian)', 'pt-br_utf8':'Portuguese
(Brazilian UTF8)', 'pt_utf8':'Portuguese (UTF8)', 'ru':'Russian', 'tr':'Turkish', 'uk':'Ukrainian', 'test':'TEST'
}

//

#define LCD_LANGUAGE es

//

// LCD Character Set

//
```

```
// Note: This option is NOT applicable to Graphical Displays.

//

// All character-based LCD's provide ASCII plus one of these

// language extensions:

//

// - JAPANESE ... the most common

// - WESTERN ... with more accented characters

// - CYRILLIC ... for the Russian language

//

// To determine the language extension installed on your controller:

//

// - Compile and upload with LCD_LANGUAGE set to 'test'

// - Click the controller to view the LCD menu

// - The LCD will display Japanese, Western, or Cyrillic text

//

// See https://github.com/MarlinFirmware/Marlin/wiki/LCD-Language

//

// :['JAPANESE', 'WESTERN', 'CYRILLIC']

//

#define DISPLAY_CHARSET_HD44780 JAPANESE

//
```

```
// LCD TYPE

//

// You may choose ULTRA_LCD if you have character based LCD with 16x2, 16x4, 20x2,

// 20x4 char/lines or DOGLCD for the full graphics display with 128x64 pixels

// (ST7565R family). (This option will be set automatically for certain displays.)

//

// IMPORTANT NOTE: The U8glib library is required for Full Graphic Display!

//      https://github.com/olikraus/U8glib\_Arduino

//

#define ULTRA_LCD // Character based

// #define DOGLCD // Full graphics display

//

// SD CARD

//

// SD Card support is disabled by default. If your controller has an SD slot,

// you must uncomment the following option or it won't work.

//

#define SDSUPPORT

//

// SD CARD: SPI SPEED

//
```

```
// Uncomment ONE of the following items to use a slower SPI transfer

// speed. This is usually required if you're getting volume init errors.

//

//#define SPI_SPEED SPI_HALF_SPEED //no va

//#define SPI_SPEED SPI_QUARTER_SPEED //no va

//#define SPI_SPEED SPI_EIGHTH_SPEED //no va


//

// SD CARD: ENABLE CRC

//

// Use CRC checks and retries on the SD communication.

//

//#define SD_CHECK_AND_RETRY


//

// ENCODER SETTINGS

//

// This option overrides the default number of encoder pulses needed to
// produce one step. Should be increased for high-resolution encoders.

//

//#define ENCODER_PULSES_PER_STEP 1
```

```
//

// Use this option to override the number of step signals required to
// move between next/prev menu items.

//

#define ENCODER_STEPS_PER_MENU_ITEM 5

/**
 * Encoder Direction Options
 *
 * Test your encoder's behavior first with both options disabled.
 *
 * Reversed Value Edit and Menu Nav? Enable REVERSE_ENCODER_DIRECTION.
 * Reversed Menu Navigation only? Enable REVERSE_MENU_DIRECTION.
 * Reversed Value Editing only? Enable BOTH options.
 */

//

// This option reverses the encoder direction everywhere

//

// Set this option if CLOCKWISE causes values to DECREASE

//

#define REVERSE_ENCODER_DIRECTION
```

```
//  
  
// This option reverses the encoder direction for navigating LCD menus.  
  
//  
  
// If CLOCKWISE normally moves DOWN this makes it go UP.  
  
// If CLOCKWISE normally moves UP this makes it go DOWN.  
  
//  
  
#define REVERSE_MENU_DIRECTION  
  
  
//  
  
// Individual Axis Homing  
  
//  
  
// Add individual axis homing items (Home X, Home Y, and Home Z) to the LCD menu.  
  
//  
  
#define INDIVIDUAL_AXIS_HOMING_MENU  
  
  
//  
  
// SPEAKER/BUZZER  
  
//  
  
// If you have a speaker that can produce tones, enable it here.  
  
// By default Marlin assumes you have a buzzer with a fixed frequency.  
  
//
```

```
#define SPEAKER

//

// The duration and frequency for the UI feedback sound.

// Set these to 0 to disable audio feedback in the LCD menus.

//

// Note: Test audio output with the G-Code:

// M300 S<frequency Hz> P<duration ms>

//

#define LCD_FEEDBACK_FREQUENCY_DURATION_MS 100

// #define LCD_FEEDBACK_FREQUENCY_HZ 1000

//

// CONTROLLER TYPE: Standard

//

// Marlin supports a wide variety of controllers.

// Enable one of the following options to specify your controller.

//

//

// ULTIMAKER Controller.

//
```



```
//#define ULTIMAKERCONTROLLER

//

// ULTIPANEL as seen on Thingiverse.

//

//#define ULTIPANEL

//

// Cartesio UI

// http://mauk.cc/webshop/cartesio-shop/electronics/user-interface

//

//#define CARTESIO_UI

//

// PanelOne from T3P3 (via RAMPS 1.4 AUX2/AUX3)

// http://reprap.org/wiki/PanelOne

//

//#define PANEL_ONE

//

// MaKr3d Makr-Panel with graphic controller and SD support.

// http://reprap.org/wiki/MaKr3d_MaKrPanel
```

```
//  
  
//#define MAKRPANEL  
  
  
//  
  
// ReprapWorld Graphical LCD  
  
// https://reprapworld.com/?products\_details&products\_id/1218  
  
//  
  
//#define REPRAPWORLD_GRAPHICAL_LCD  
  
  
  
//  
  
// Activate one of these if you have a Panucatt Devices  
  
// Viki 2.0 or mini Viki with Graphic LCD  
  
// http://panucatt.com  
  
//  
  
//#define VIKI2  
  
//#define miniVIKI  
  
  
  
//  
  
// Adafruit ST7565 Full Graphic Controller.  
  
// https://github.com/eboston/Adafruit-ST7565-Full-Graphic-Controller/  
  
//  
  
//#define ELB_FULL_GRAPHIC_CONTROLLER
```

```
//  
  
// RepRapDiscount Smart Controller.  
  
// http://reprap.org/wiki/RepRapDiscount\_Smart\_Controller  
  
//  
  
// Note: Usually sold with a white PCB.  
  
//  
  
#define REPRAP_DISCOUNT_SMART_CONTROLLER  
  
  
//  
  
// GADGETS3D G3D LCD/SD Controller  
  
// http://reprap.org/wiki/RAMPS\_1.3/1.4\_GADGETS3D\_Shield\_with\_Panel  
  
//  
  
// Note: Usually sold with a blue PCB.  
  
//  
  
// #define G3D_PANEL  
  
  
//  
  
// RepRapDiscount FULL GRAPHIC Smart Controller  
  
// http://reprap.org/wiki/RepRapDiscount\_Full\_Graphic\_Smart\_Controller  
  
//  
  
// #define REPRAP_DISCOUNT_FULL_GRAPHIC_SMART_CONTROLLER
```

```
//  
  
// MakerLab Mini Panel with graphic  
  
// controller and SD support - http://reprap.org/wiki/Mini\_panel  
  
//  
  
//#define MINIPANEL  
  
  
  
//  
  
// RepRapWorld REPRAPWORLD_KEYPAD v1.1  
  
// http://reprapworld.com/?products\_details&products\_id=202&cPath=1591\_1626  
  
//  
  
// REPRAPWORLD_KEYPAD_MOVE_STEP sets how much should the robot move when a key  
// is pressed, a value of 10.0 means 10mm per click.  
  
//  
  
//#define REPRAPWORLD_KEYPAD  
  
//#define REPRAPWORLD_KEYPAD_MOVE_STEP 1.0  
  
  
  
//  
  
// RigidBot Panel V1.0  
  
// http://www.inventapart.com/  
  
//  
  
//#define RIGIDBOT_PANEL
```

```
//  
  
// BQ LCD Smart Controller shipped by  
  
// default with the BQ Hephestos 2 and Witbox 2.  
  
//  
  
// #define BQ_LCD_SMART_CONTROLLER  
  
  
//  
  
// CONTROLLER TYPE: I2C  
  
//  
  
// Note: These controllers require the installation of Arduino's LiquidCrystal_I2C  
// library. For more info: https://github.com/kiyoshigawa/LiquidCrystal\_I2C  
  
//  
  
//  
  
// Elefu RA Board Control Panel  
  
// http://www.elefu.com/index.php?route=product/product&product\_id=53  
  
//  
  
// #define RA_CONTROL_PANEL  
  
  
//  
  
// Sainsmart YW Robot (LCM1602) LCD Display
```

```
//  
  
//#define LCD_I2C_SAINSMART_YWROBOT  
  
//  
  
// Generic LCM1602 LCD adapter  
  
//  
  
//#define LCM1602  
  
//  
  
// PANELOLU2 LCD with status LEDs,  
  
// separate encoder and click inputs.  
  
//  
  
// Note: This controller requires Arduino's LiquidTWI2 library v1.2.3 or later.  
  
// For more info: https://github.com/lincomatic/LiquidTWI2  
  
//  
  
// Note: The PANELOLU2 encoder click input can either be directly connected to  
  
// a pin (if BTN_ENC defined to != -1) or read through I2C (when BTN_ENC == -1).  
  
//  
  
//#define LCD_I2C_PANELOLU2  
  
//  
  
// Panucatt VIKI LCD with status LEDs,
```

```
// integrated click & L/R/U/D buttons, separate encoder inputs.

//

// #define LCD_I2C_VIKI

//

// SSD1306 OLED full graphics generic display

//

// #define U8GLIB_SSD1306

//

// SAV OLEd LCD module support using either SSD1306 or SH1106 based LCD modules

//

// #define SAV_3DGLCD

#if ENABLED(SAV_3DGLCD)

  // #define U8GLIB_SSD1306

  #define U8GLIB_SH1106

#endif

//

// CONTROLLER TYPE: Shift register panels

//

// 2 wire Non-latching LCD SR from https://goo.gl/aJJ4sH
```

```
// LCD configuration: http://reprap.org/wiki/SAV\_3D\_LCD

//

//#define SAV_3DLCD

//=====

//===== Extra Features =====

//=====

// @section extras

// Increase the FAN PWM frequency. Removes the PWM noise but increases heating in the
FET/Arduino

//#define FAST_PWM_FAN

// Use software PWM to drive the fan, as for the heaters. This uses a very low frequency
// which is not as annoying as with the hardware PWM. On the other hand, if this frequency
// is too low, you should also increment SOFT_PWM_SCALE.

//#define FAN_SOFT_PWM

// Incrementing this by 1 will double the software PWM frequency,
// affecting heaters, and the fan if FAN_SOFT_PWM is enabled.

// However, control resolution will be halved for each increment;
// at zero value, there are 128 effective control positions.
```



```
#define SOFT_PWM_SCALE 0

// Temperature status LEDs that display the hotend and bed temperature.

// If all hotends and bed temperature and temperature setpoint are < 54C then the BLUE led is on.

// Otherwise the RED led is on. There is 1C hysteresis.

// #define TEMP_STAT_LEDS

// M240 Triggers a camera by emulating a Canon RC-1 Remote

// Data from: http://www.doc-diy.net/photo/rc-1\_hacked/

// #define PHOTOGRAPH_PIN 23

// SkeinForge sends the wrong arc g-codes when using Arc Point as fillet procedure

// #define SF_ARC_FIX

// Support for the BariCUDA Paste Extruder.

// #define BARICUDA

// define BlinkM/CyzRgb Support

// #define BLINKM

// Support for an RGB LED using 3 separate pins with optional PWM

// #define RGB_LED
```

```

#if ENABLED(RGB_LED)

#define RGB_LED_R_PIN 34

#define RGB_LED_G_PIN 43

#define RGB_LED_B_PIN 35

#endif

/*****\

* R/C SERVO support

* Sponsored by TrinityLabs, Reworked by codexmas

*****/

// Number of servos

//

// If you select a configuration below, this will receive a default value and does not need to be set
manually

// set it manually if you have more servos than extruders and wish to manually control some

// leaving it undefined or defining as 0 will disable the servo subsystem

// If unsure, leave commented / disabled

//

// #define NUM_SERVOS 3 // Servo index starts with 0 for M280 command

// Delay (in microseconds) before the next move will start, to give the servo time to reach its target
angle.

```

```
// 300ms is a good value but you can try less delay.

// If the servo can't reach the requested position, increase it.

#define SERVO_DELAY 300


// Servo deactivation

//

// With this option servos are powered only during movement, then turned off to prevent jitter.

// #define DEACTIVATE_SERVOS_AFTER_MOVE


/*****\

* Support for a filament diameter sensor

* Also allows adjustment of diameter at print time (vs at slicing)

* Single extruder only at this point (extruder 0)

*

* Motherboards

* 34 - RAMPS1.4 - uses Analog input 5 on the AUX2 connector

* 81 - Printrboard - Uses Analog input 2 on the Exp1 connector (version B,C,D,E)

* 301 - Rambo - uses Analog input 3

* Note may require analog pins to be defined for different motherboards

*****/

// Uncomment below to enable

// #define FILAMENT_WIDTH_SENSOR
```

```
#define DEFAULT_NOMINAL_FILAMENT_DIA 1.75 //Enter the diameter (in mm) of the filament  
generally used (3.0 mm or 1.75 mm) - this is then used in the slicer software. Used for sensor reading  
validation
```

```
#if ENABLED(FILAMENT_WIDTH_SENSOR)
```

```
  #define FILAMENT_SENSOR_EXTRUDER_NUM 0 //The number of the extruder that has the  
  filament sensor (0,1,2)
```

```
  #define MEASUREMENT_DELAY_CM 14 //measurement delay in cm. This is the distance from  
  filament sensor to middle of barrel
```

```
  #define MEASURED_UPPER_LIMIT 3.30 //upper limit factor used for sensor reading validation  
  in mm
```

```
  #define MEASURED_LOWER_LIMIT 1.90 //lower limit factor for sensor reading validation in  
  mm
```

```
  #define MAX_MEASUREMENT_DELAY 20 //delay buffer size in bytes (1 byte = 1cm)- limits  
  maximum measurement delay allowable (must be larger than MEASUREMENT_DELAY_CM and  
  lower number saves RAM)
```

```
  #define DEFAULT_MEASURED_FILAMENT_DIA DEFAULT_NOMINAL_FILAMENT_DIA //set  
  measured to nominal initially
```

```
  //When using an LCD, uncomment the line below to display the Filament sensor data on the last line  
  instead of status. Status will appear for 5 sec.
```

```
  // #define FILAMENT_LCD_DISPLAY
```

```
#endif
```

```
#endif // CONFIGURATION_H
```



### A3. Código sistema electrónico de control

A continuación se adjunta el código correspondiente al sistema electrónico de control, propuesto en el apartado 7.4.1 de esta memoria.

```
//LIBRERIAS

#include <Servo.h>

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(7,8,9,10,11,12);


//VARIABLES RELE//

int rele_pin = 13;//pin digital 13 que ahora habra un led

int rele_interruptor = 0;//pin digital 0 que es el INTERRUPTOR DEL RELE

int rele_estado; //proviene de una digitalRead

//TEMPERATURE

int sensorPin= 0;//pin Analogico A0

int x;

float celsius;

int temperature_tank= 29 ;//25//33

int temperature_tank_H=0;

int temperature_tank_L=0;

//END TEMPERATURE
```

```
//SERVOMOTOR
```

```
Servo servoMotor;
```

```
//VARIABLES CON POSIBLE MODIFICACION//
```

```
int servomotor_angulo=90;//SE MOVERA 90º ---> ESTE VALOR SE PUEDE CAMBIAR
```

```
int servomotor_time=500;//TENDRA UN MOVIMIENTO DE 0.5 segundos. <90º - min. 500 .
```

```
//FIN VARIABLES CON POSIBLE MODIFICACION
```

```
int servomotor_interruptor=2;//pin digital 2 que es el INTERRUPTOR DEL SERVOMOTOR
```

```
int servomotor_estado;//HIGH O LOW
```

```
//END SERVOMOTOR
```

```
//MOTOR
```

```
int motor_interruptor=4;//pin digital 1 que es el INTERRUPTOR DEL MOTOR
```

```
int motor_estado;//HIGH O LOW
```

```
int motor_velocidad=125; //----> ESTE VALOR SE PUEDE CAMBIAR
```

```
// 0-255 donde: 0 = velocidad minima ; 255 = velocidad máxima
```

```
//END MOTOR
```

```
/*//LCD_PANTALLA //NO VA
```

```
char lcd_releON='ON';// "ON"
```

```
char lcd_releOFF='OFF';// "OFF"
```

```
char lcd_servomotorON='ON';// "ON"
```

```
char lcd_servomotorOFF='OFF';// "OFF"
```



```
char lcd_motorON='ON';// "ON"

char lcd_motorOFF='OFF';// "OFF"

//END LCD*/

//LCD_PANTALLA

String lcd_releON="ON";// "ON"

String lcd_releOFF="OFF";// "OFF"

String lcd_servomotorON="ON";// "ON"

String lcd_servomotorOFF="OFF";// "OFF"

String lcd_motorON="ON";// "ON"

String lcd_motorOFF="OFF";// "OFF"

//END LCD


void setup() {

  Serial.begin(9600);//Ver la temperatura por el PC

  //RELAY//

  pinMode(rele_pin,OUTPUT);

  //END RELAY//

  //SERVOMOTOR

  servoMotor.attach(5);//servomotor en el pin 5

  servoMotor.write(0);//Desplazamos a la posición 0º

  delay(1000);

  //END SERVOMOTOR
```



```
//MOTOR

pinMode(1,INPUT);

//IN A->5V ; IN B->0V Right

//END MOTOR

//LCD

lcd.begin(20,4);

lcd.setCursor(0,0);/--revisar entradas de la LCD

lcd.print("XOCOPRINTER 3D");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("Jordi Giribes by");

lcd.setCursor(0,2);

lcd.print("Gerard Bonavida");

lcd.setCursor(0,3);

lcd.print("gerbon.13@gmail.com");

delay(2000);

}

void loop() {

    temperatura();

    interruptores();

    lcd_pantalla();

    control_hot_resistence();
```

```

//lcd_pantalla();

servomotor();

//lcd_pantalla(); //primer lectura =HIHG"" i despues mostrar al final del codigo lcd

control_hot_resistence();

//lcd_pantalla();

motores();

}

void temperatura(){

x= analogRead(sensorPin);

celsius=(5.0 * x * 100.0)/1024.0;

Serial.println(celsius);

delay(1000);

}

void control_hot_resistence(){//In the first part of code, you can choose the tank Tº.

//void temperatura();//Read the temperature //If this subrutine do problems, move in the principal
loop or other side.

rele_estado=digitalRead(rele_interruptor);

//rele_estado="HIGH"

if (rele_estado==HIGH){//interruptores

temperature_tank_H=temperature_tank+0.5;

temperature_tank_L=temperature_tank-0.5;

if(celsius > temperature_tank_H){//temperature_tank +0.5. If the temperature of LM35 +
0.5ºC(real) are <(less?) than the temperature of tank(objective).

```

```
digitalWrite(rele_pin,LOW);//The resistance is OFF and HOT

// 40 > 31+0.5 (objective) -> 35 > 31(objective)? -> The resistance is hottest and you must turn
off the relay

}

if(celsius < temperature_tank_L){//temperature_tank -0.5

digitalWrite(rele_pin,HIGH);//The resistance is ON and COOL at the moment

// 15 < 31-0.5 (objective) -> 15 < 30.5(objective)? -> The resistance is coolest and you must turn
on the relay

}

else{//Hysteresis cycle. In temperature_tank+0.5 and temperatyre_tank-0.5

digitalWrite(rele_pin,LOW);//The relay turn ON because it goes into energy saving mode

/* 31 = 31 -> the relay is OFF

* (31.2 < 31.2-0.5 -> 31.2 < 30.7) or (31.2 > 31.2+0.5 -> 31.2 > 31.7) -> In both case the answer IS
NOT! Therefore , Relay enter in Else case and TURN OFF the relay!

*/

}

}

else{//LOW

digitalWrite(rele_pin,LOW);

}

}

void servomotor (){//En este momento no podran haber paros de emergencia (2 segundos criticos)

servomotor_estado= digitalRead(servomotor_interruptor);
```

```
if (servomotor_estado==HIGH){

    servoMotor.write(0);//Desplazamos a la posición 0º

    delay(servomotor_time);//Esperamos 1 s

    servoMotor.write(servomotor_angulo);//Desplazamos a la posicion 90º

    delay(servomotor_time);//Esperamos 1 s a que vuelva la posición inicial

}

else{//

    servoMotor.write(0);

    delay(1000);

}

}

void motores(){

    motor_estado=digitalRead(motor_interruptor);

    if (motor_estado==HIGH){//MOTOR ON

        analogWrite(6,motor_velocidad);

    }

    else{

        analogWrite(6,0);

    }

}

void interruptores (){

    rele_estado=digitalRead(rele_interruptor);
```

```
servomotor_estado= digitalRead(servomotor_interruptor);

motor_estado=digitalRead(motor_interruptor);

}

void lcd_pantalla (){

  lcd.clear();

  if (rele_estado==HIGH){

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(lcd_releON);

  }

  if (rele_estado==LOW){

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(lcd_releOFF);

  }

  if (servomotor_estado==HIGH){

    lcd.setCursor(15,2);

    lcd.print(lcd_servomotorON);

  }

  if (servomotor_estado==LOW){

    lcd.setCursor(15,2);

    lcd.print(lcd_servomotorOFF);

  }

}
```

```
if (motor_estado==HIGH){  
  
    lcd.setCursor(15,3);  
  
    lcd.print(lcd_motorON);  
  
}  
  
if (motor_estado==LOW){  
  
    lcd.setCursor(15,3);  
  
    lcd.print(lcd_motorOFF);  
  
}  
  
lcd.setCursor(0,0);  
  
lcd.print("Temp.Tank=");  
  
lcd.setCursor(11,0);  
  
lcd.print(celsius);  
  
lcd.setCursor(0,1);  
  
lcd.print("Resis.Tank=");  
  
lcd.setCursor(0,2);  
  
lcd.print("Nitrogen=");  
  
lcd.setCursor(0,3);  
  
lcd.print("Motor=");  
  
}
```

#### A4. Certificado participación

En este anexo se adjunta el certificado que constata la participación en el "Curso iniciación al chocolate", curso de pastelería impartido por la Escrivà Academy a día 20/01/2017.

